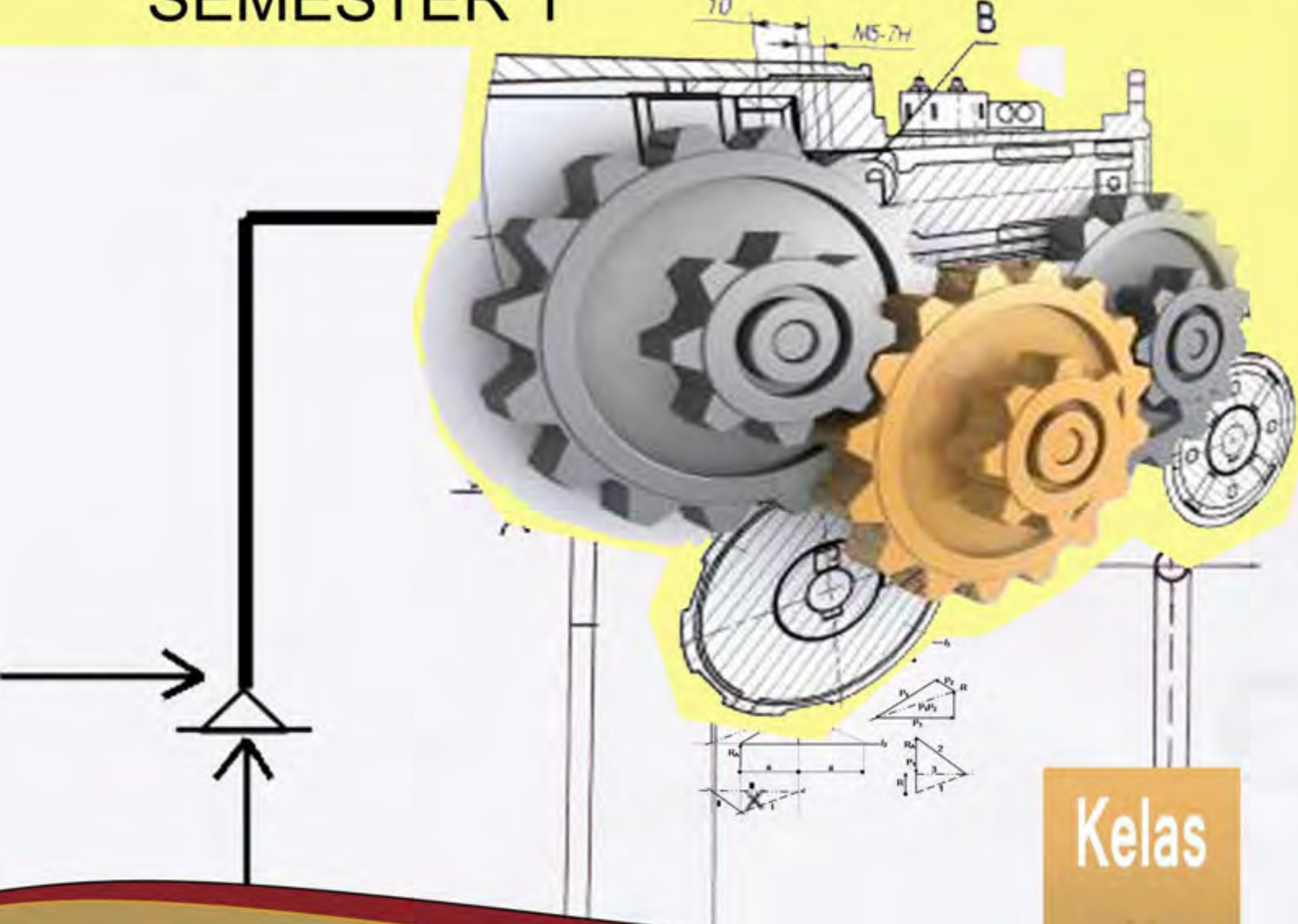
KEMENTRIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
REPUBLIK INDONESIA
2013

MEKANIKA TEKNIK

SEMESTER 1



Kelas X

Disusun Oleh:

Weni Murfihenni, ST., M.Pd

KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 adalah kurikulum berbasis kompetensi. Di dalamnya dirumuskan secara terpadu kompetensi sikap, pengetahuan dan keterampilan yang harus dikuasai peserta didik serta rumusan proses pembelajaran dan penilaian yang diperlukan oleh peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diinginkan.

Faktor pendukung terhadap keberhasilan Implementasi Kurikulum 2013 adalah ketersediaan Buku Siswa dan Buku Guru, sebagai bahan ajar dan sumber belajar yang ditulis dengan mengacu pada Kurikulum 2013. Buku Siswa ini dirancang dengan menggunakan proses pembelajaran yang sesuai untuk mencapai kompetensi yang telah dirumuskan dan diukur dengan proses penilaian yang sesuai.

Sejalan dengan itu, kompetensi keterampilan yang diharapkan dari seorang lulusan SMK adalah kemampuan pikir dan tindak yang efektif dan kreatif dalam ranah abstrak dan konkret. Kompetensi itu dirancang untuk dicapai melalui proses pembelajaran berbasis penemuan (discovery learning) melalui kegiatan-kegiatan berbentuk tugas (project based learning), dan penyelesaian masalah (problem solving based learning) yang mencakup proses mengamati, menanya, mengumpulkan informasi, mengasosiasi, dan mengomunikasikan. Khusus untuk SMK ditambah dengan kemampuan mencipta .

Sebagaimana lazimnya buku teks pembelajaran yang mengacu pada kurikulum berbasis kompetensi, buku ini memuat rencana pembelajaran berbasis aktivitas. Buku ini memuat urutan pembelajaran yang dinyatakan dalam kegiatan-kegiatan yang harus dilakukan peserta didik. Buku ini mengarahkan hal-hal yang harus dilakukan peserta didik bersama guru dan teman sekelasnya untuk mencapai kompetensi tertentu; bukan buku yang materinya hanya dibaca, diisi, atau dihafal.
Buku ini merupakan penjabaran hal-hal yang harus dilakukan peserta didik untuk mencapai kompetensi yang diharapkan. Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, peserta didik diajak berani untuk mencari sumber belajar lain yang tersedia dan terbentang luas di sekitarnya. Buku ini merupakan edisi ke-1. Oleh sebab itu buku ini perlu terus menerus dilakukan perbaikan dan penyempurnaan.
Kritik, saran, dan masukan untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya sangat kami harapkan; sekaligus, akan terus memperkaya kualitas penyajian buku ajar ini. Atas kontribusi itu, kami ucapkan terima kasih. Tak lupa kami mengucapkan terima kasih kepada kontributor naskah, editor isi, dan editor bahasa atas kerjasamanya. Mudah-mudahan, kita dapat memberikan yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan menengah kejuruan dalam rangka mempersiapkan generasi seratus tahun Indonesia Merdeka (2045).

Jakarta, Januari 2014

Direktur Pembinaan SMK

Drs. M. Mustaghfirin Amin, MBA

DAFTAR ISI

Selamat! Sekarang kalian telah menjadi siswa kelas XI di SMK/MAK Program Keahlian Teknik Bangunan. Sekarang kalian akan mempelajari ilmu mekanika teknik. Mekanika teknik merupakan ilmu utama yang dipelajari di ilmu bangunan atau teknik sipil. Para insinyur menggunakan ilmu tersebut untuk mempelajari perilaku struktur terhadap beban yang bekerja padanya. Perilaku struktur tersebut umumnya adalah lendutan dan gaya-gaya baik gaya reaksi maupun gaya internal. Dalam mempelajari perilaku struktur maka hal-hal yang banyak dibicarakan adalah: stabilitas, keseimbangan gaya, kompatibilitas antara deformasi dan jenis tumpuannnya, dan elastisitas. Dengan mengetahui gaya-gaya dan lendutan yang terjadi maka selanjutnya struktur tersebut dapat direncanakan atau diproporsikan dimensinya serta diketahui kekuatan dari konstruksi yang direncanakan tersebut. Jadi pada dasarnya mekanika teknik ini bertujuan untuk menentukan dimensi, perhitungan kontrol, dan perhitungan kekuatan.

a. Perhitungan dimensi

   Perhitungan dimensi digunakan untuk menentukan ukuran – ukuran dari konstruksi bangunan secara ilmiah dengan penggunan bahan bangunan seminimum dan seefisien mungkin, dengan faktor keamanan tertentu, serta konstruksi bangunan itu mampu mendukung gaya-gaya atau muatan/ beban yang ada.

b. Perhitungan kontrol

   Perhitungan kontrol digunakan untuk memeriksa, apakah suatu bangunan kontruksi yang sudah didirikan cukup kuat dan cukup kaku terhadap beban – beban yang direncanakan.

c. Perhitungan Kekuatan

   Perhitungan yang dilakukan untuk memeriksa konstruksi dari perubahan bentuk, peralihan – peralihan, serta beban-beban pada konstruksi yang tidak melampaui batas.

d. Perhitungan Stabilitas

   Perhitungan yang diperlukan agar bangunan selalu dalam keadaan kokoh

Dalam ilmu mekanika teknik juga dikenal istilah statika. Statika adalah bagian dari ilmu mekanika teknik yang mempelajari tentang semua benda yang tetap atau statis, sedangkan ilmu yang mempelajari semua yang bergerak disebut ilmu dinamika. Kedua bagian itu mempunyai dua persamaan, yaitu gaya-gaya dan pergerakan. Hanya dalam ilmu statika ada ketentuan khusus mengenai pergerakan ini, yaitu pergerakan v = 0. Hal ini berarti, bahwa dalam ilmu statika kita hanya bekerja dengan gaya-gaya yang tidak bergerak, dengan keadaan pergerakan = nol. Peristiwa ini akan terjadi, bila semua gaya yang membebani suatu benda dan gaya-gaya pada tangkai pengungkit (dengan jarak antara gaya dan benda = momen) saling menutupi, sehingga semua gaya seimbang. Oleh sebab itu ilmu statika disebut juga ilmu keseimbangan gaya atau disingkat ilmu keseimbangan.

Kita mengharapkan bangunan yang kita tempati dalam kondisi diam atau dalam kondisi seimbang. Keseimbangan itu mula-mula tidak ada dan kalau keseimbangan itu tercapai, segera akan terganggu lagi. Bisa juga terjadi perubahan dalam keseimbangan, yang diakibatkan oleh daya tarik bumi (dalam ilmu statika disebut berat atau bobot sendiri), oleh beban/ muatan yang dikenakan pada benda atau konstruksi bangunan itu (beban berguna) serta oleh kekuatan yang terdapat dalam alam, misalnya air hujan, tekanan angin dan perubahan suhu. Beban ini disebut gaya luar. Karena pembebanan dengan muatan luar, jadi merupakan beban yang bekerja dari luar benda, maka di dalam / pada benda itu sendiri timbul kekuatan/ kekakuan, hal ini sebagai perlawanan terhadap gaya luar tadi, yang kita sebut tegangan.

Sekalipun benda itu dalam keadaan seimbang, sebenarnya ia tidak betul-betul kaku atau diam. Ini hanya merupakan ketentuan, yang tidak selalu tampak kasat mata. Benda itu sendiri, atau lebih tepat zat benda itu sendiri, menarik diri terhadap beban yang bekerja dari luar. Benda itu mengubah bentuknya. Perubahan bentuk itu bisa melalui perubahan panjang (memanjang atau memendek), perputaran, pelengkungan. Semua itu bisa terjadi. Tetapi seberapa besar adanya hal itu diperbolehkan? Tentu saja sesedikit mungkin, dan tidak boleh merugikan atau membahayakan penggunaan suatu konstruksi bangunan. Kalau perubahan bentuk itu sudah bisa tampak oleh mata kita, maka ia sudah melampaui batas yang diperkenankan. Salah satu syarat yang penting dalam perubahan bentuk ialah: sesudah beban dilepaskan dari benda tadi, maka benda itu harus dapat kembali pada bentuknya yang semula. Ia harus memegas kembali. Untuk dapat mencapai itu, maka benda harus elastis dan bukannya plastis.

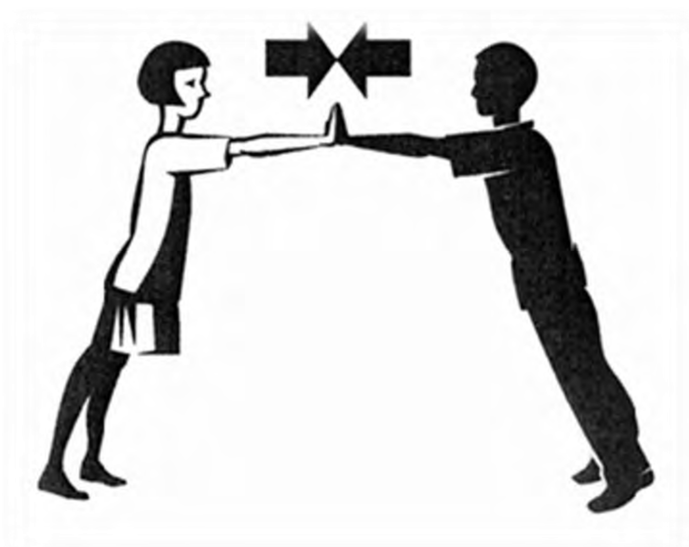


Coba kalian bayangkan, bagaimana jika kursi yang setiap hari kalian duduki di kelas tidak kembali pada bentuk semula? Atau bayangkan saja jika jembatan yang kalian lewati tidak kembali ke kondisi semula....padahal banyak sekali orang atau kendaraan yang melintasi jembatan tersebut. Apa yang akan terjadi ? Mengapa kursi atau jembatan tersebut walaupun sering dipakai masih tetap seperti semula ?



Pengamatan:

Carilah seorang teman yang kira-kira besarnya sama denganmu. Cobalah kalian saling dorong kemudian kalian saling tarik. Apa yang kalian lalukan agar tidak jatuh atau terdorong? Apa yang kalian rasakan?



http://blogs.asee.org/goengineering/page/4/

Gambar 1. Saling dorong



http://blogs.asee.org/goengineering/page/4/

Gambar 2. Saling tarik

Masih ingatkah kalian pelajaran di SMP tentang gaya aksi dan reaksi? Siapakah yang menemukan hukum aksi reaksi tersebut ? apa yang kalian ingat tentang hukum tersebut ? Ya... hukum aksi reaksi ini adalah hasil penemuan Sir Isaac Newton yang dikenal sebagai hukum 3 Newton yang berbunyi *"Setiap ada gaya aksi, maka akan selalu ada gaya reaksi yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan*". Hukum 3 Newton menjelaskan bahwa setiap ada gaya aksi akan timbul gaya reaksi yang besarnya sama tetapi arahnya berlawanan.



Ciri gaya aksi – reaksi :

* besarnya sama.
* arah berlawanan.
* bekerja pada benda yang berlainan

Setelah kalian mengingat hukum 3 Newton tersebut, bagaimana kalian menjelaskan perihal kursi dan jembatan yang kita bicarakan tadi? Pembahasan lebih lanjut mengenai macam-macam gaya yang diterapkan pada suatu bangunan akan kita bahas nanti pada materi-materi selanjutnya. Pada bab 1 kita akan mengingat kembali pelajaran fisika sewaktu di SMP yaitu tentang macam-macam besaran yang terkait dengan bidang keteknikan.

Karakter yang dikembangkan: saling tolong menolong



Dalam kehidupan sehari-hari kita juga sering menghadapi kenyataan bahwa apabila kita beraksi maka akan timbul reaksi. Ada yang bereaksi keras ketika aksi keras, ada yang bereaksi santai ketika santai, dan ada yang bereaksi santai walaupun aksi itu keras. Suatu pernyataan yang menarik dapat kita teladani adalah:

"jika anda baik tentunya saya akan lebih baik, dan jika anda jahat, saya tidak akan ikut-ikutan jahat, lebih baik menjadi orang yang baik walaupun orang lain berbuat jahat".

KEGIATAN BELAJAR 1

MACAM-MACAM BESARAN DAN SISTEM SATUAN

Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian dapat:

a. Membedakan antara besaran dan satuan
b. Mengidentifikasi macam-macam besaran
c. Mengidentifikasi macam-macam satuan
d. Menerapkan besaran dan satuan yang sesuai pada penyelesaian persoalan keteknikan

1.1 Besaran dan Satuan

Besaran adalah gambaran secara kuantitatif (ukuran) dari benda, proses atau suatu keadaan, contohnya : massa, panjang, tekanan, tegangan, kecepatan, dan sebagainya. Dalam suatu pengukuran nilai suatu besaran adalah harga ukuran itu.

Besaran dibagi menjadi dua bagian yaitu :

a. Besaran vektor : yaitu besaran yang mempunyai besar (nilai) dan arah, seperti: gaya, kecepatan, dan sebagainya.
b. Besaran skalar : yaitu besaran yang hanya mempunyai besar tapi tidak punya arah, contohnya : massa, panjang, waktu, suhu, dan sebagainya.

Satuan adalah cara mengungkapkan suatu ukuran dengan menggunakan bilangan. Ada tiga macam sistim satuan yaitu :

a. *British Gravitational System* (BGS)
b. *Metric System* (MKSA)

c. *Systeme International D' Unites* (SI)

Sistim Satuan International (SI) adalah suatu sistim yang telah diolah dan dikembangkan oleh komisi teknik dan ISO (International Organization for standardization). Standar satuan ini tercantum dalam International Standard ISO R31. Ada tiga macam kategori satuan yaitu :

a. satuan dasar

b. satuan tambahan

c. satuan turunan

Contoh : panjang balok adalah 2 meter. Panjang adalah besaran, 2 disini menyatakan nilai ukuran (nilai besaran), dan meter adalah satuan.

1.2 Batasan Besaran

1. **Membedakan antara Besaran dengan Satuan**.

Besaran adalah segala sesuatu yang dapat diukur, dihitung, memiliki nilai dan satuan. Besaran menyatakan sifat dari benda. Sifat ini dinyatakan dalam angka melalui hasil pengukuran. Oleh karena satu besaran berbeda dengan besaran lainnya, maka ditetapkan satuan untuk tiap besaran. Satuan juga menunjukkan bahwa setiap besaran diukur dengan cara berbeda. Mengukur sebenarnya adalah kegiatan membandingkan suatu Besaran dengan Besaran sejenis yang ditetapkan sebagai satuan.

Contoh:

Gaya tekan sebesar 10 N

$F = 10$ N

Maka N melambangkan satuan yang dipilih untuk besaran F dan 10 melambangkan nilai bilangan dari besaran F bila dinyatakan dalam satuan N. Besaran fisis dapat dijumlahkan atau dikurangkan apabila termasuk dalam satu

kategori. Besaran fisis dapat juga dikulaikan atau dibagi satu sama lainnya menurut aturan ilmu hitung.

Contoh:

Kecepatan pada gerak beraturan adalah $v = \frac{L}{t}$

L adalah jarak dalam interval waktu t.

Bila jarak L = 5 cm dan interval waktu t = 2,5 s, maka:

$$v = \frac{L}{t} = \frac{5\ \text{cm}}{2{,}5\ \text{s}} = 2\ \text{cm/s}$$

Dalam bidang mekanika pada umumnya terdapat tiga besaran dasar, yaitu panjang, massa, dan waktu. Akan tetapi pemilihan yang lain juga mungkin. Misalnya, panjang, waktu, dan gaya atau panjang, waktu, dan energi.

Dalam praktek dapat juga dibuat pemilihan satuan dengan suatu cara yang menghasilkan persamaan antara nilai bilangan, termasuk faktor bilangannya dan mempunyai bentuk yang sama dengan persamaan antara besaran-besaran yang bersangkutan. Sistem satuan dengan cara ini disebut koheren terhadap sistem besaran dan persamaan dalam soal-soal.

Di depan telah dijelaskan bahwa ada tiga macam satuan, yaitu satuan dasar, satuan tambahan, dan satuan turunan, satuan-satuan tersebut bersama-sama membentuk satuan SI yang koheren.

Contoh:

No	Besaran	SI unit dalam satuan dasar
1	Kecepatan	m/s
2	Gaya	kg. m/s^2
3	Energi	kg.m^2/ s^2
4	Tekanan	kg/ms^2

2. Besaran Vektor dan Besaran Skalar

Besaran fisis dibagi menjadi 2 golongan yaitu besaran vektor dan besaran skalar. **Besaran vektor adalah besaran yang memiliki besar dan arah.** Contohnya kecepatan, percepatan gravitasi, dan gaya. Vektor dapat digambarkan dengan tanda anak panah. Panjang anak panah melambangkan besarnya vektor. **Besaran skalar adalah besaran yang hanya memiliki besar saja.** Contohnya: laju, berat, jarak, dan waktu.

Besaran vektor dan besaran skalar

No	Besaran Vektor	Besaran Skalar
1	Perpindahan	Jarak
2	Kecepatan	Laju
3	Percepatan	Kekuatan
4	Gaya	Waktu
5	Momentum	Volume
6	Kuat medan magnet	Kerja
7	Torsi (momen–gaya)	Massa (inersia)

Catatan:

Untuk besaran vektor perpindahan, kecepatan,dan percepatan ada hubungannya dengan kolom di sebelah kanannya pada besaran skalar. Misalnya laju adalah besarnya kecepatan.

1.3 Sistim Satuan Internasional (SI) Atau Standar ISO

Sistem satuan internasional atau lebih dikenal dengan satuan SI (dari bahasa Perancis, Systeme International d‟ Unites) adalah sistem satuan yang telah diolah oleh organisasi standar internasional yang juga dikenal dengan nama ISO (International Organization for Standardization). Sistem satuan tersebut sudah diresmikan pemakaiannya sejak tahun 1960, setelah disetujui dalam Conference General des Poids et Mesures (CGPM). Sistem satuan internasional telah dipakai sejak tahun 1980 dan kita di Indonesia juga menggunakan sistem satuan ini.

Sistem satuan internasional ini terdiri atas tiga macam satuan, yaitu satuan dasar, satuan tambahan, dan satuan turunan. Lambang besaran digunakan huruf tunggal dari abjad Latin atau Yunani. Untuk pembeda dengan yang lainnya, kadang-kadang lambang besaran itu diberi subscript atau tanda pembeda yang lain dan dapat pula diberi indeks. Lambang besaran ditulis atau dicetak miring, tanpa tanda titik.

Contoh

1) L lambang besaran untuk panjang.
2) E lambang besaran untuk energi.
3) E_k untuk energi kinektis
4) σ lambang besaran untuk tegangan
5) σ_{ijin} untuk tegangan yang diizinkan
6) σ_b untuk tegangan patah yang diizinkan

Lambang satuan apabila ditulis lengkap maka menggunakan huruf kecil termasuk lambang satuan yang diambil dari nama orang, negara, atau nama sesuatu hal. Jika lambang satuan (nama orang atau lebih) ditulis dengan huruf besar dan huruf berikutnya ditulis dengan huruf kecil.

Contoh:

1) m untuk meter

2) s untuk sekon/ detik
3) A untuk Ampere (nama orang)
4) N untuk Newton (nama orang)
5) Kg untuk kilogram
6) Btu untuk *British Termal Unit* (nama negara)
7) Wb untuk Weber (nama orang)

1. Satuan Panjang

Besaran panjang satuan meter dengan lambang satuan (m). Nama satuan meter adalah termasuk satuan dasar untuk SI. Meter adalah suatu panjang (jarak) yang sama dengan 1.650.763,73 kali panjang gelombang dalam ruang hampa dari radiasi yang bersesuaian dengan transisi antara level $2P_{10}$ dan $5d_5$ dari atom kripton -86.

2. Satuan Massa

Nama satuan besaran massa adalah kilogram dengan lambang satuan (kg). Kilogram termasuk satuan dasar untuk SI. Kilogram adalah satuan masa yang sama dengan massa dari prototipe kilogram internasional (CGPM ke -1 tahun 1901)

3. Satuan Gravitasi

Gravitasi diberi lambang satuan g yang besarnya diukur dari atas permukaan laut yang sama dengan 9,80600 m/s^2 (32,169 ft/s^2). Didalam menyelesaiakan soal-soal pada umumnya graviasi besarnya diambil sama dengan 9,8 m/s^2 (32 ft/s^2).

$$\text{Percepatan atau percepatan gravitasi} = \frac{\text{pertambahan kecepatan}}{\text{Waktu yang diperlukan}}$$

Satuan dalam SI : satuan kecepatan = m /s

Satuan waktu = s

Satuan gravitasi = m/s^2 (meter per detik kuadrat)

4. Satuan Waktu

Besaran waktu nama satuannya detik dengan lambang satuan s. Satuan ini termasuk satuan dasar untuk SI. Detik adalah waktu dari 9.192.631.770 periode radiasi yang bersesuaian dengan transisi antara dua hyperfine levels dari keadaan atom Cs-133 (CGPM ke 13 tahun 1967). Satuan waktu dalam SI adalah detik atau sekon (s). Waktu dibagi menjadi periode-periode yang berulang secara teratur: tahun, bulan, dan hari. Hari dibagi lagi menjadi jam, menit, dan detik. Salah satu alat pengukur waktu yang modern ialah jam atom sesium (Cs). Jam ini sangat tinggi kecepatannya , kesalahan pengukuran hanyalah satu detik dalam 3000 tahun.

5. Satuan gaya

Nama satuan gaya menurut SI adalah Newton dengan lambang N. Satuan gaya adalah satuan turunan yang mempunyai nama dan lambang sendiri. Gaya menyebabkan percepatan pada benda . besarnya percepatan itu tergantung pada besarnya massa benda dan besarnya gaya. Seperti dikatakan dalam hukum II sebagai berikut: gaya yang bekerja pada suatu benda adalah sama dengan massa benda dikalikan percepatannya.

Jadi gaya = massa x percepatan

$$F = m \cdot a$$

F = gaya (N) atau (dyne)

m = massa benda (kg) atau (g)

a = percepatan (m/s^2) atau (cm/s^2)

1 newton adalah gaya yang memberi percepatan sebesar 1 m/s^2 pada massa 1 kg. Satuan lain untuk gaya adalah dyne. 1 dyne adalah gaya yang memberikan percepatan sebesar 1 cm/s^2 pada massa 1 gram.

1 newton = 1 kg m/s^2

= 1000 g X 100 cm/s^2

1 newton = 10^5 dyne.

Tabel 1. Satuan dasar SI

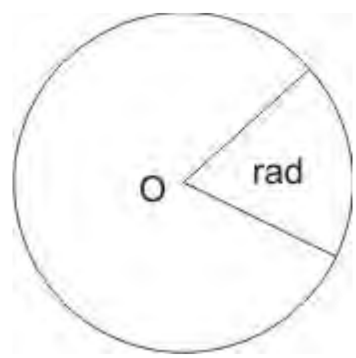
No	Besaran	Nama Satuan	Lambang satuan	Simbol Besaran	Definisi
1	Panjang	Meter	M	l	1 meter adalah suatu panjang yang sama dengan 1.650.763.73 kali panjang gelombang dalam vakum dari radiasi yang bersesuaian dengan transisi antara 2 P_{10} dan 5 d_5 dari atom krypton-86 (CGPM ke-11 tahun 1963)
2	Massa	Kilogram	Kg	m	Adalah satuan massa yang sama dengan massa dari prototype kilogram internasional (CGPM ke-1 tahun 1901) 1 kg = 1 liter air murni yang suhunya 40^o C
3	Waktu	Detik	S	t	1 detik adalah waktu dari 91926311770 periode radiasi

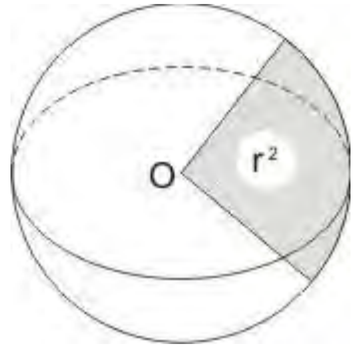
					yang bersesuaian denga transisi antara dua "hyperfine levels" dari keadaan atom caesium 133. (CGPM ke-13 tahun 1967)
4	Arus Listrik	Ampere	A	i	Ampere adalah arus tetap yang bila dipertahankan dalam dua konduktor lurus sejajar dengan panjang tak terhingga dengan luas penampang yang dapat diabaikan dan diletakkan pada jarak 1 m dalam ruang hampa udara, menghasilkan gaya antara dua konduktor ini sebesar 2.10^{7} Newton per meter (CGPM ke-13 tahun 1967)
5	Suhu Temodinamika	Kelvin	K	T	Kelvin adalah satuan suhu

					termodinamika, merupakan 1/273,6 dari suhu titik triple air.
6	Jumlah Substansi	Mole	Mol	n	Mole adalah jumlah substansi dari suatu system yang berisi sejumlah satuan elementer yang sama dengan atom-atom dalam 0,012 Kg karbon 12. apabila mole di pakai, satuan-satuan elementer harus dijelaskan dan dapat berupa atom, molekul ion, electron, partikel-partikel lain, atau kelompok tertentu dari suatu macam partikel, (CGPM ke-14 tahun 1971)
7	Intensitas Cahaya	Candela	Cd	j	Candela adalah intensitas cahaya dalam arah tegak lurus pada suatu permukaan seluas 1/600.000 meter persegi dari suatu benda hitam pada

					temperatur platina beku dalam tekanan 101325Newton per meter persegi. (CGPM ke-13 tahun 1967).

Tabel 2. Satuan Tambahan SI

No	Besaran	Nama Satuan	Lambang satuan	Definisi
1	Sudut Bidang Datar	Radian	rad	Radian adalah sudut bidang antara dua jari-jari lingkaran yang memotong keliling lingkaran, dengan panjang busur sama panjang dengan jari-jarinya. 
2	Sudut Ruang	Steradian	Sr	Steradian adalah sudut ruang yang puncaknya terletak pada pusat bola, membentuk juring suatu bola memotong permukaan bola dengan luas sama dengan kuadrat jari-jari bola (r^2).

Tabel 3. Satuan turunan yang dinyatakan dengan satuan dasar.

Besaran	Satuan SI	
	Nama	Lambang
Luas	Meter persegi	m^2
Volume (isi)	Meter kubik	m^3
kecepatan	Meter perdetik	m/s
percepatan	Meter perdetik kuadrat	m/s^2
Jumlah gelombang	1 permeter	1/m
Massa jenis, density	Kilogram permeter kubik	Kg/m^3
Konsentrasi (dari suatu jumlah substansi)	Mol permeter kubik	mol/m^3
Volume spesifik	Meter kubik perkilogram	m^3/kg
luminance	Candela permeter persegi	cd/m^2

Tabel 4. Satuan turunan yang mempunyai nama dan lambang tertentu

Besaran	Satuan			
	Nama	Lambang	Bentuk lain (SI)	Bentuk lain (SI)
Frekuensi	hertz	Hz		1/s
Gaya	newton	N		Kg m/s^2
Tekanan	pascal	Pa	N/m^2	Kg/(ms^2)
Energi kerja, jumlah panas	joule	J	N/m	Kg m^2/s^2
Daya, medan energi	watt	W	J/s	
Muatan listrik	coulomb	C	As	
Tegangan listrik	Volt	V	W/A	m^{2}kg/s^{3}A
Kapasitas listrik	Farad	F	C/A	s^{4}A^2/m^{2}kg
Tahanan listrik	Ohm	Ω	V/A	m^{2}kg/s^{3}A^2
Konduktansi	Siemens	S	A/V	s^{3}A^2/m^{2}kg
Medan magnet	Weber	Wb	Vs	m^2 kg/s^2 A
Kerapatan medan magnet	Tesla	T	Wb/m^2	Kg/s^{2}A
Induktansi	Henry	H	Wb/A	m^2/s^{2}A
Medan penerangan (lulinous flux)	lumen	lm		cd sr
Illunimance	Lux	lx		cd sr/m^2
Aktivitas (radio aktiv)	Becquerel	Bq		l/s

Dosis terabsorbsi (dari radiasi ion)	gray	Gy	J/kg	m^2/s^2

1.4 Konversi satuan

Untuk faktor konversi ini bias langsung dilihat pada tabel-tabel konversi berikut.

Tabel 5. Konversi Panjang

	cm	m	km	in	ft	mil
1 centimeter	1	10^{-2}	10^{-5}	0,3937	32,81 x 10^{-3}	6,214 x 10^{-6}
1 meter	100	1	10^{-3}	39,3	3,931	6,214 x 10^{-4}
1 kilometer	10^5	1000	1	39370	3,231	0,6214
1 inchi	2,540	25,4 x 10^{-3}	25,4 x 10^{-6}	1	88,33 x 10^{-3}	15,79 x 10^{-6}
1 feet	30,48	0,3048	0,3048x 10^{-3}	12	1	0,1894x10^{-3}
1 mill	160,9 x 10^3	1609	1,609	63,36 x 10^3	5280	1

1 yard = 3 ft = 36 in

1 Angstrom (1A^o) = 10^{-10} m

Tabel 6. konversi luas

	m^2	cm^2	ft^2	in^2
1 meter persegi	1	10^4	10,76	1550
1 centimeter persegi	10^{-4}	1	$1,076 \times 10^{-3}$	0,1550
1 foot persegi	$92,9 \times 10^{-3}$	929	1	144
1 inchi persegi	$0,6452 \times 10^{-3}$	6,452	$6,944 \times 10^{-3}$	1

1 mile persegi = 640 acre

1 acre = 43,6 ft^2

Tabel 7. Konversi Volume

	m^3	cm^3	l	in^3
1 meter kubik	1	10^6	1000	$61,02 \times 10^3$
1 centimeter kubik	10^{-6}	1	10^{-3}	$61,02 \times 10^{-3}$
1 liter	10^{-3}	1000	1	61,02
1 inchi kubik	$16,39 \times 10^{-6}$	16,39	$16,39 \times 10^{-3}$	1

1 gallon (UK) = 4,546 liter 1 galon (US) = 3,785 liter

1 gallon (Indonesia) = 4 liter 1 barrel (US) = 42 gallon (US) = 34,97 gallon (UK)

Tabel 8. Konversi Tekanan

	atm	$dyne/cm^2$	cm Hg	Pa	lb/in^2
1 atmosfer	1	1,013	76	$101,3\times10^3$	14770
1 $dyne/cm^2$	$936,9\times10^{-9}$	1	$75,01\times10^{-6}$	0,1	$14,5\times10^{-6}$
1 cm air raksa	$13,16 \times 10^{-3}$	13330	1	1333	0,1934
1 pascal (1 Pa)	$9,869 \times 10^{-6}$	10	$750,1 \times 10^{-6}$	1	145 x ?
1 lb/in^2 = 1 psi	$68,05 \times 10^{-3}$	68950	5,171	6895	1

1 bar = 10^6 dyne/cm^2 = 0,1 Mpa

1 kp = 1 kgf/cm^2

Tabel 9. Konversi Massa

	g	kg	slug	oz	Lb
1 gram	1	10^{-3}	68,52 x 10^{-6}	35,27 x 10^{-3}	2,205 x 10^{-3}
1 kilogram	1000	1	68,52 x 10^{-3}	35,27	2,205
1 slug	14,59 x 10^3	14,59	1	514,8	32,17
1 once	28,35	28,35 x 10^{-3}	1,943 x 10^{-3}	1	62,5 x 10^{-3}
1 pounce	453,6	0,4536	31,08 x 10^{-3}	16	1

Tabel 10. Konversi massa jenis

	slug/ft^3	kg/m^3	g/cm^3	lb/ft^3	lb/in^3
1 slug/ft^3	1	515,4	0,5154	32,17	18,62 x 10^{-3}
1 kg/m^3	14,59	1	68,52 x 10^{-3}	35,27	2,205
1 g/cm^3	14,59 x 10^3	1000	1	514,8	32,17
1 lb/ft^3	28,35	28,35 x 10^{-3}	1,943 x 10^{-3}	1	62,5 x 10^{-3}
1 lb/in^3	453,6	0,436	31,08 x 10^{-3}	16	1

Tabel 11. Konversi Usaha Dan Jumlah Panas

	Btu	erg	ft.lb	hp.h	J	kal	kWh
1 British Termal Unit	1	10,55 $x10^9$	777,9	392,9 $x10^{-6}$	1055	252	293 $x10^{-6}$
1 erg	94,81 $x\ 10^{-12}$	1	73,76 $x10^9$	37,25 $x10^{-5}$	10^{-7}	23,89 $x10^{-9}$	27,78 $x10^{-15}$
1 foot pound	1,285 $x10^{-3}$	13,56 $x10^6$	1	505,1 $x10^{-9}$	1,356	0,3239	376,6 $x10^{-9}$
1 hourse power-jam	1545	26,85 $x10^{12}$	1,98 $x10^6$	1	2,685 $x10^6$	641,4 $x10^3$	0,7457
1 joule	948,1 $x10^{-6}$	10^7	0,7376	372,5 $x10^{-6}$	1	0,2359	277,8 $x10^{-9}$
1 kalori	3,968 $x10^{-3}$	41,86 $x10^6$	3,087	1,559 $x10^{-6}$	4,186	1	1,163 $x10^{-6}$
1 kilowatt-jam	3413	36 $x10^{12}$	2,655 $x10^6$	1,341	3,6 $x10^6$	860,1 $x10^3$	1

Tabel 12. Konversi gaya

	dyne	N	lb	pdl	gf
1 dyne	1	10^{-5}		72,33 x 10^{-6}	1,02 x 10^{-3}
1 newton	10^5	1		7,233	102
1 pound	4,448 x 10^3	4,448	1	32,17	543,6
1 poundal	13830	0,1383		1	14,10
1 gram gaya	980,7	9,807 x 10^{-3}		70,93 x 10^{-3}	1

Tabel 13. Konversi daya

	Btu	ft.lb/s	hp	kal/s	kW	W
1 british termal unit pergram	1	0,2161	392×10^{-6}	0,07	293×10^{-6}	0,293
1 foot pound persekon	4,628	1	$1{,}818\text{x}10^{-3}$	0,3239	$1{,}356\text{x}10^{-3}$	1,356
1 hourse power	2545	550	1	178,2	0,7457	745,7
1 kalori per detik	14,29	3,087	$5{,}613\text{x}10^{-3}$	1	$4{,}186\text{x}10^{-3}$	4,186
1 kilowatt	3414	737,6	1,341	238,9	1	1000
1 watt	3,143	0,7376	$1{,}341\text{x}10^{-3}$	0,2369	10^{-3}	1

Tabel 14. Konversi kecepatan

	ft/s	km/jam	m/s	mil/jam	cm/s	knot
1 foot per detik	1	1,097	0,3048	0,6818	30,48	0,5925
1 km per jam	0,9113	1	0,2778	0,6214	27,78	0,5400
1 meter per detik	3,281	3,6	1	2,237	100	1,944
1 mile per jam	1,467	1,609	0,4470	1	44,70	0,8689
1 cm per detik	0,0328	0,036	0,01	0,0224	1	0,0194
1 knot	1,688	1,852	0,514	1,151	51,44	1

Tabel 15. Perkalian desimal SI

Faktor Perkalian	**Singkatan**	**Simbol**
10^{18}	Eksa	E
10^{15}	Peta	P
10^{12}	Tera	T

Faktor Perkalian	Singkatan	Simbol
10^{9}	Giga	G
10^{6}	Mega	M
10^{3}	kilo	K
10^{2}	hecto	H
10^{1}	deca	Da
10^{-1}	deci	Di
10^{-2}	centi	c
10^{-3}	mili	m
10^{-6}	mikro	μ
10^{-9}	nano	n
10^{-12}	pico	p
10^{-15}	femto	f
10^{-18}	atto	a

Konversi (pengubahan) satuan harus dilakukan terutama akibat masih banyak dipakai “sistem satuan lama” pada buku-buku rujukan tertentu. Berikut dapat dilihat hubungan antara Satuan SI dan “sistem satuan lama”.

Tabel 16 Konversi Satuan SI dan Sistim Lama

Besaran	Satuan	
	“lama”	**SI**
Gaya	1 kgf 1 tf	10 N 10 kN
Gaya per satuan panjang	1 kgf/m 1 tf/m	10 N/m 10 kN/m
Gaya per satuan luas penampang	1 kgf/m2 1 tf/m2 1 kgf/cm2	10 N/m2 10 kN/m2 0,1 N/mm2
Gaya per satuan volume (isi)	1 kgf/m3 1 tf/m3 1 tf/cm3	10 N/m3 10 kN/m3 0,01 MN/m3
Momen dari gaya	1 kgfm	10 Nm

	1 tfm	10 kNm

Keterangan: f adalah singkatan dari *force* (gaya)

RINGKASAN

1. Besaran adalah gambaran secara kuantitatif (ukuran) dari benda, proses atau suatu keadaan. Ada dua macam besaran yaitu : Besaran Vektor (besaran yang mempunyai besar (nilai) dan arah, seperti gaya, kecepatan, dan sebaginya), serta Besaran Skalar (besaran yang hanya mempunyai besar tapi tidak punya arah, contohnya : massa, panjang, waktu, suhu, dan sebagainya).
2. Satuan adalah cara mengungkapkan suatu ukuran dengan menggunakan bilangan. Ada tiga macam sistim satuan yaitu : British Gravitational system (BGS), Metric system (MKSA), dan System International Des Unites (SI)

SOAL LATIHAN

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan satuan dan besaran?
2. Mengapa perlu adanya satuan dan besaran?
3. Apakah yang dimaksud dengan :
   a. Satuan dasar ?
   b. Besaran turunan ?
   c. Besaran vektor ?
   d. Besaran skalar ?
4. Satuan lain untuk gaya adalah dyne dan atau newton. Apakah yang dimaksud 1 dyne dan 1 newton itu?

KEGIATAN BELAJAR 2

MENYUSUN GAYA YANG SETARA

Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian dapat memahami :

1. Pengertian gaya
2. Kesetaraan gaya
3. Keseimbangan gaya
4. Momen gaya, kopel, statis

Dalam kehidupan sehari-hari kita tidak terlepas dari gaya-gaya yang bekerja di sekelilingnya. Mulai dari benda mati yang memiliki berat sendiri, sampai pada benda bergerak yang disebabkan bekerjanya gaya pada benda tersebut.

Dalam ilmu mekanika teknik kita akan mempelajari hubungan antara gaya yang bekerja pada suatu struktur dengan perilaku struktur akibat gaya tersebut. Sehingga atas dasar itu maka untuk mempelajari mekanika teknik terlebih dahulu perlu diketahui tentang definisi dari gaya serta sifat-sifat dari gaya seperti yang akan kita bahas berikut ini.

2.1 Pengertian Gaya

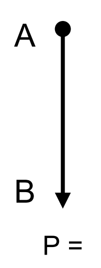
Gaya dapat didefinisikan sebagai sesuatu yang menyebabkan benda (titik materi) bergerak baik dari diam maupun dari gerak lambat menjadi lebih lambat maupun lebih cepat. Menurut pengertian mekanika teknik, gaya dapat diartikan sebagai muatan yang bekerja pada suatu konstruksi, yang tidak dapat dilepaskan dari konstruksi itu sendiri. Dalam teknik bangunan, gaya berasal dari bangunan itu sendiri, seperti: berat

benda di atasnya atau yang menempelnya, tekanan angin, gempa, perubahan suhu dan pengaruh pengerjaan.

Suatu gaya selalu mempunyai :

- **Besaran**
- **Titik tangkap**
- **Arah**

Gaya dapat digambarkan dalam bentuk garis (atau kumpulan garis) yang memiliki dimensi besar, garis kerja, arah kerja dan titik tangkap. Gaya-gaya biasanya disimbolkan dengan huruf F atau P dengan kekecualian huruf K untuk gaya tekuk dan huruf R bagi suatu resultante. Jika ada beberapa gaya, maka kita memberi index, misalnya: P_1 , P_2, dan sebagainya. Pada gambar gaya kita menggaris gaya sebagai garis dengan menggunakan skala, misalnya 1 cm = 1 ton dengan tanda anak panah menunjukkan arah atau jurusannya. Satuan gaya menurut Sistem Satuan Internasional (SI) adalah Newton dan turunannya (kN). Akan tetapi ada yang memberi satuan kg gaya (kg). Bila gravitasi bumi diambil 10 m/detik^2 maka hubungan satuan tersebut adalah 1 kg gaya (atau sering ditulis 1 kg) ekuivalen dengan 10 Newton. Pada gambar 8 dijelaskan pengertian gaya tersebut.



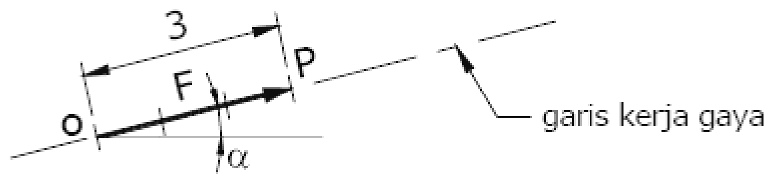
A adalah titik tangkap gaya

P adalah besar gaya

Garis AB adalah garis kerja gaya

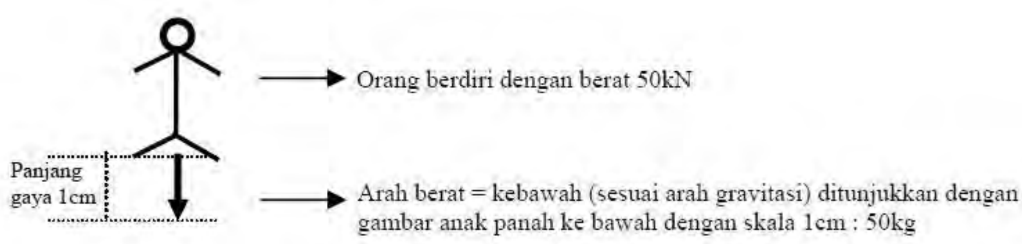
Skala panjang AB sebagai besaran

Gambar 3. Gaya mempunyai besaran dan arah



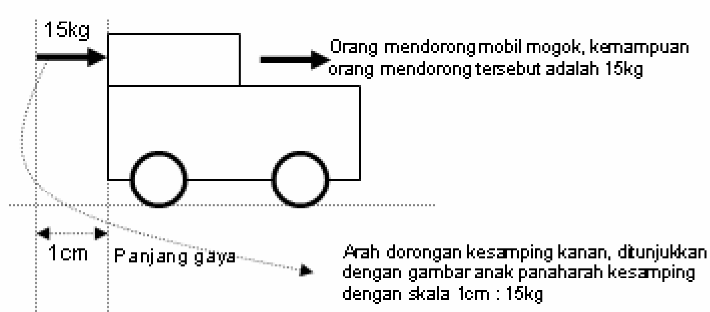
Gambar 4. Gaya yang mempunyai sudut kemiringan α

Apabila terdapat bermacam-macam gaya bekerja pada suatu benda, maka gaya-gaya tersebut dapat digantikan oleh satu gaya yang memberi pengaruh sama seperti yang dihasilkan dari bermacam-macam gaya tersebut, yang disebut sebagai resultan gaya. Gaya adalah VEKTOR yang mempunyai besar dan arah. Penggambaranya biasanya Berupa Garis dengan panjang sesuai dengan skala yang di tentukan.

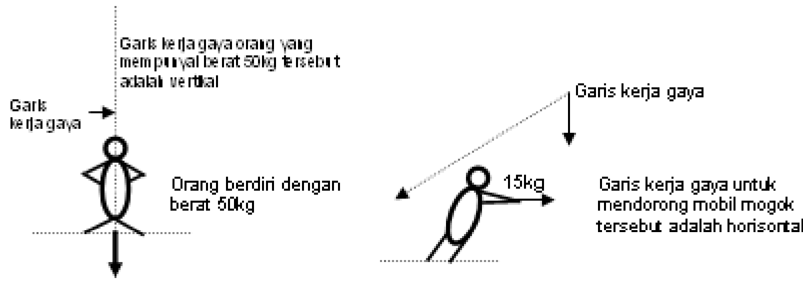


Gambar 5. Analogi gaya pada manusia

Jadi, 50 kN adalah gaya yang diakibatkan oleh orang berdiri tersebut dengan arah gaya ke bawah yang diwakili sebagai gambar anak panah dengan panjang 1 cm, karena panjang 1cm setara dengan berat 50kN.

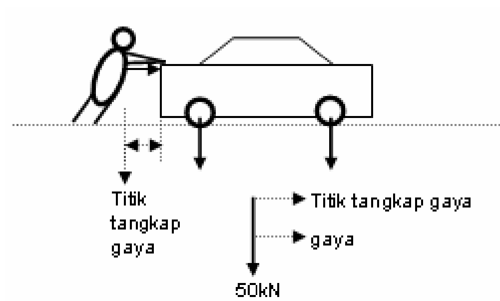


Gambar 6. Garis kerja gaya adalah garis lurus yang melewati gaya



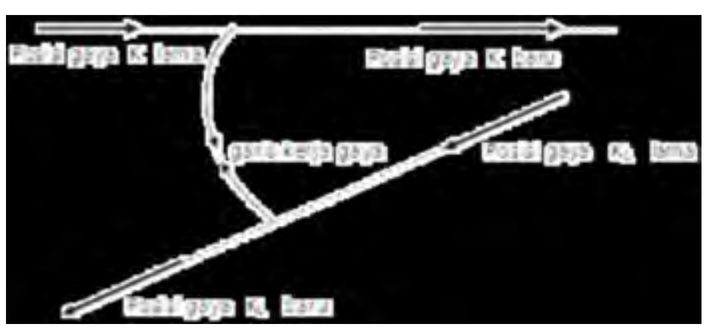
Gambar 7. Analogi garis kerja gaya

Titik tangkap gaya adalah titik awal bermulanya gaya tersebut. Mobil mogok di atas jembatan, roda mobil serta tumpuan tangan orang yang mendorong adalah merupakan titik tangkap gaya.



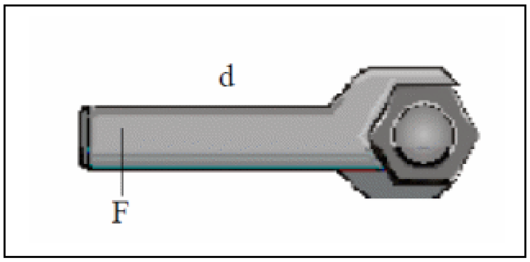
Gambar 8. Analogi gaya dan titik tangkap gaya

Gaya dan titik tangkap bisa dipindah-pindah, asal masih dalam daerah garis kerja gaya, seperti disajikan pada Gambar 8 di bawah ini.



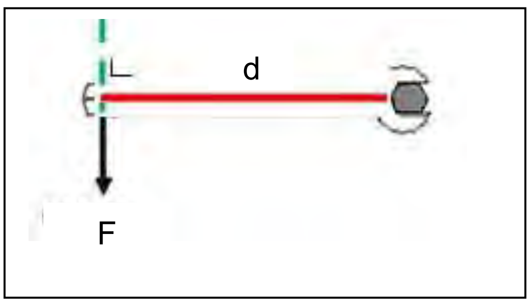
Gambar 9. Perpindahan gaya dan titik tangkap gaya

Walaupun kita tidak bisa merasakan gaya dalam maupun gaya luar namun kita bisa melihat akibatnya. Suatu gaya menggeser suatu benda jika benda tersebut diikat dan gaya yang bekerja tidak seimbang. Pergeseran bisa berjurusan atau berarah lurus atau merupakan perputaran. Suatu gaya pada tangkai pengungkit dengan jarak siku-siku pada titik putaran mengakibatkan momen.



F = besar gaya

d = jarak

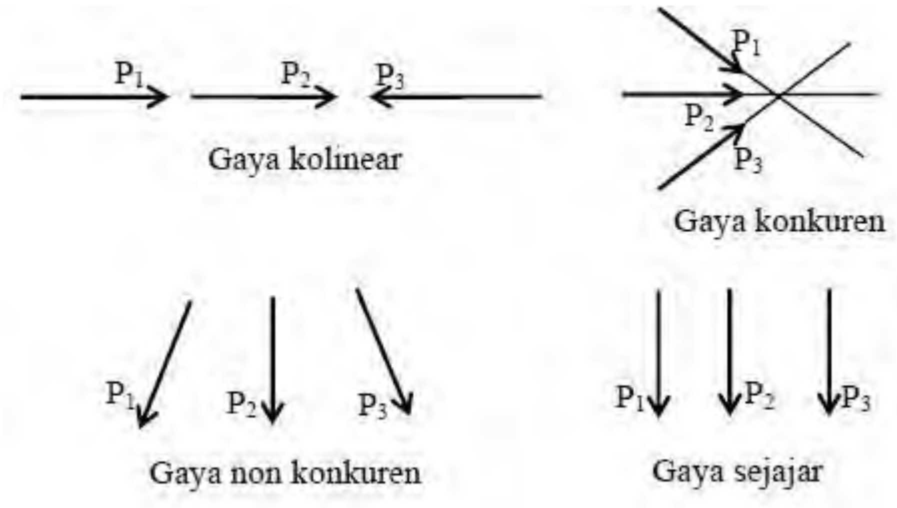


Gambar 10. Momen akibat dari gaya pengungkit

Komposisi Gaya

Pada suatu struktur mungkin bekerja lebih dari satu gaya dan susunannya juga bermacam-macam, berbagai kemungkinan komposisi gaya antara lain :

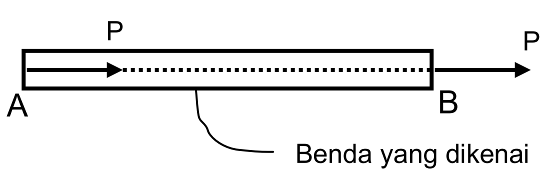
1. *Gaya-gaya kolinear*, adalah gaya-gaya yang garis kerjanya terletak pada satu garis lurus.
2. *Gaya-gaya konkuren*, adalah gaya-gaya yang garis kerjanya berpotongan melalui suatu titik.
3. *Gaya-gaya nonkonkuren*, adalah gaya-gaya yang garis kerjanya berpotongan dengan yang lain tidak pada satu titik.
4. *Gaya-gaya sejajar*, adalah gaya-gaya yang garis kerjanya sejajar satu sama lain.



Gambar 11. Komposisi Gaya

2.2 Kesetaraan Gaya

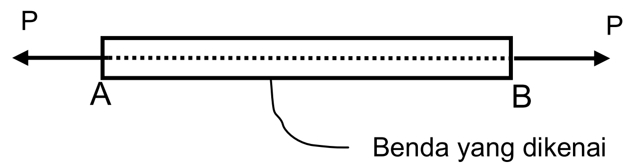
Kesetaraan gaya adalah “kesamaan pengaruh” antara gaya pengganti (resultan) dengan gaya yang diganti (gaya komponen) tanpa memperhatikan titik tangkap gayanya. Dengan demikian pada suatu keadaan tertentu, walaupun gaya sudah setara atau ekuivalen, ada perbedaan pengaruh antara gaya pengganti dengan yang diganti. Pada prinsipnya gaya dikatakan setara apabila gaya pengganti dan penggantinya baik gerak translasi maupun rotasi besarnya sama. Pada gambar 12 gaya P yang bertitik tangkap di A dipindahkan di B dalam garis kerja yang sama adalah setara (dalam arti efek gerak translasi dan rotasinya) tetapi hal ini dapat berpengaruh terhadap jenis gaya yang dialami benda, pada waktu titik tangkap gaya di A mengalami gaya tekan, sedang pada waktu di B benda mengalami gaya tarik.



Gambar 12. Gaya P yang bertitik tangkap di A dipindahkan di B dalam garis kerja yang sama

2.3 Keseimbangan Gaya

Keseimbangan gaya adalah hampir sama dengan kesetaraan gaya bedanya pada arah gayanya. Pada kesetaraan gaya antara gaya pengganti dengan gaya yang diganti arah yang dituju sama, sedang pada keseimbangan gaya arah yang dituju berlawanan, gaya pengganti (reaksi) arahnya menuju titik awal dari gaya yang diganti (aksi).



Gambar 13. Keseimbangan gaya

Dengan kata lain keseimbangan gaya yang satu garis kerja dapat dikatakan bahwa gaya aksi dan reaksi besarnya sama tapi arahnya berlawanan.

Pada statika bidang (koplanar) ada dua macam keseimbangan yaitu keseimbangan translasi (keseimbangan gerak lurus) dan keseimbangan rotasi (keseimbangan gerak berputar). Untuk mencapai keseimbangan dalam statika disyaratkan $\sum Gy = 0$ (jumlah gaya vertikal = 0), $\sum Gx = 0$ (jumlah gaya horisontal = 0) dan $\sum M=0$ (jumlah momen pada sebuah titik =0).

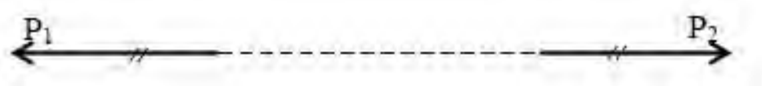
Bila ada sejumlah gaya yang bekerja pada sebuah benda, maka kesetimbangan gaya-gayanya ditentukan dengan rusultan gaya. Untuk menghitung berbagai gaya ini digunakan salib-sumbu ortogonal XY, dan semua gaya dilukiskan di dalam bidang ini agar dapat dihitung secara aljabar, disamping itu juga dapat digunakan cara grafis.

Untuk penyelesaian secara aljabar ditetapkan *tanda* sebagai lazimnya
digunakan di dalam salib-sumbu, yaitu :

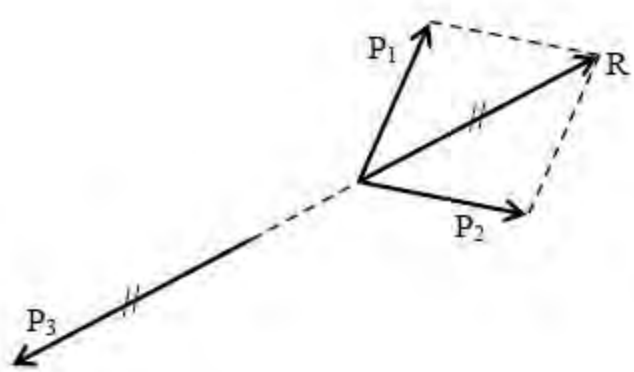
- *Gaya Positif*, suatu proyeksi gaya pada suatu sumbu akan *positif*, bila arah gaya tersebut ke kanan, atau ke atas.

- *Gaya negatif*, suatu proyeksi gaya pada suatu sumbu akan *negatif*, bila arah gaya tersebut ke kiri, atau ke bawah.

Dua gaya dikatakan setimbang, jika besarnya sama, arahnya berlawanan dan segaris kerja, diperlihatkan pada Gambar 14. Untuk tiga gaya dikatakan setimbang, apabila gaya yang satu dengan resultan dua gaya lainnya mempunyai besaran yang sama, segaris kerja dan arahnya berlawanan, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 15.

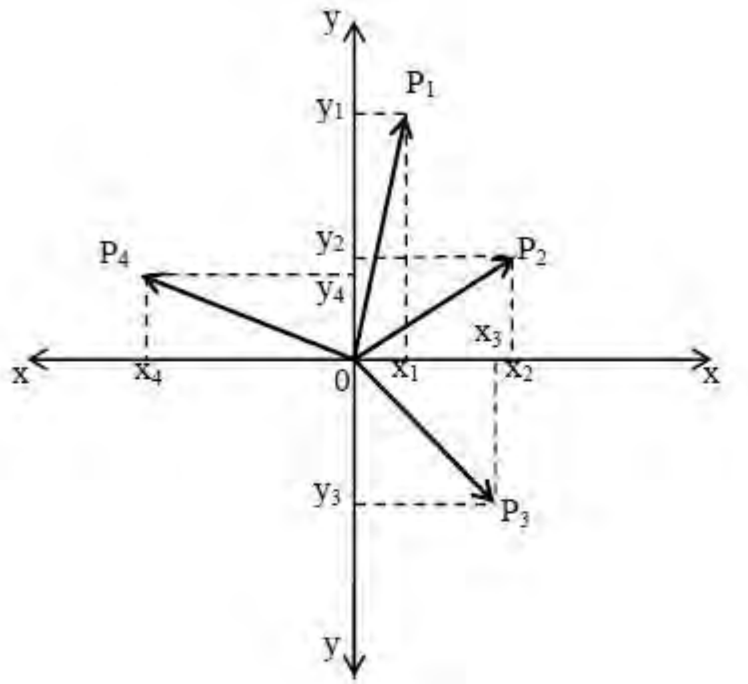


Gambar 14. Kesetimbangan Dua Gaya



Gambar 15. Kesetimbangan Tiga Gaya

Gaya-gaya yang mempunyai titik tangkap yang sama, resultan dari gaya-gaya tersebut dapat ditentukan dengan menguraikan gaya-gaya ke dalam sumbu x dan y.



Gambar 16. Menguraikan Gaya

Uraian gaya

P	Px	Py
P1	Px1 = P1 cos α	Py1 = P1 sin α
P2	Px2 = P2 cos α	Py2 = P2 sin α
P3	Px3 = P3 cos α	Py3 = - P3 sin α
P4	-Px3 = P4 cos α	Py4 = P4 sin α
	ΣPx	ΣPy

α adalah sudut antara gaya dengan sumbu x

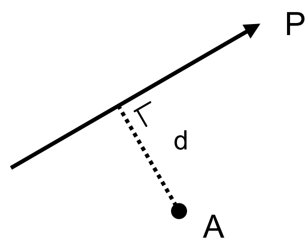
Besarnya resultan gaya adalah :

$$R = \sqrt{\left(\sum Px\right)^2 + \left(\sum Py\right)^2}$$

Dengan arah : $\tan\alpha = \frac{\sum Py}{\sum Px}$ dan menangkap pada titik 0.

2.4 Pengertian Momen

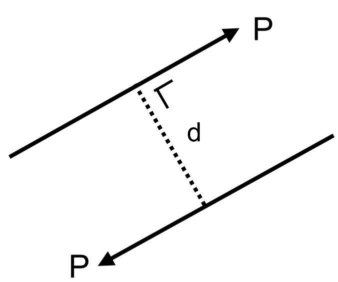
Momen gaya terhadap suatu titik didefinisikan sebagai hasil kali antara gaya dengan jaraknya ke titik tersebut. Jarak yang dimaksud adalah jarak tegak lurus dengan gaya tersebut. Momen dapat diberi tanda positif atau negatif bergantung dari perjanjian yang umum, tetapi dapat juga tidak memakai perjanjian umum, yang penting bila arah momen gaya itu berbeda tandanya harus berbeda.



Momen M_A= + F.d

Gambar 17. Momen gaya terhadap suatu titik.

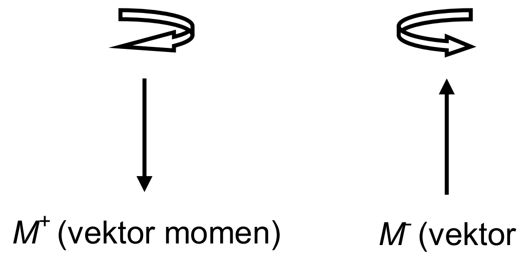
Di samping momen terhadap suatu titik ada juga momen kopel yang didefinisikan sebagai momen akibat adanya dua buah gaya yang sejajar dengan besar sama tetapi arahnya berlawanan. Gambar 18 menunjukkan momen kopel tersebut.



Momen kopel = +

Gambar 18.

Momen dapat digambar dalam bentuk vektor momen dengan aturan bahwa arah vektor momen merupakan arah bergeraknya sekrup yang diputar oleh momen. Lihat gambar 19.



Gambar 19.

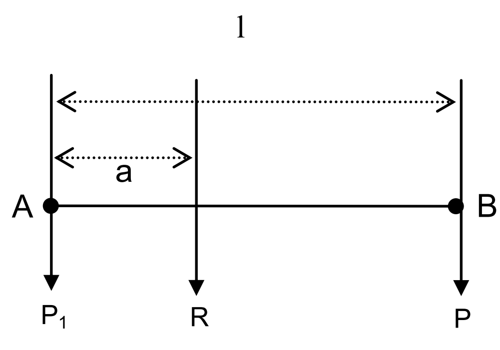
2.5 Momen Statis

Menurut teori *Varignon* momen pada suatu titik dikatakan statis bila besarnya momen gaya pengganti (resultan) sama dengan gaya yang diganti.

Contoh **:**

Gaya P_1 dan P_2 dengan jarak *l* mempunyai resultan R. Tentukan letak R agar momen di titik A statis.

Jawab :



Gambar 20

Misal jarak R dengan P_1 (titik A) = a, maka untuk memenuhi momen statis di A adalah : momen resultan = jumlah momen komponen.

$$R \cdot a = P_1 \cdot 0 + P_2 \cdot l$$

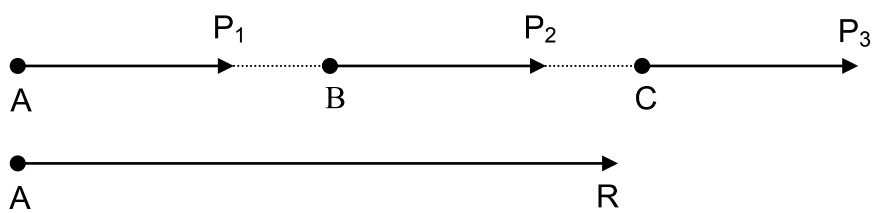
$$a = \frac{P_2 . l}{R}$$

2.6 Menyusun Gaya yang Setara

Istilah lain menyusun gaya adalah memadu gaya atau mencari resultan gaya. Pada prinsipnya gaya-gaya yang dipadu harus setara (ekuivalen) dengan gaya resultannya.

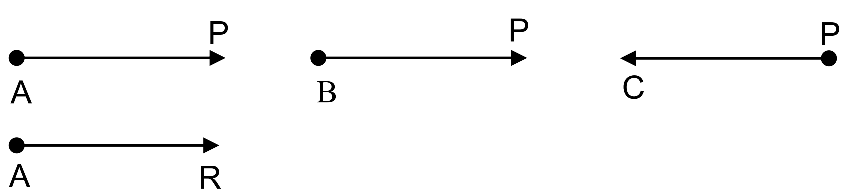
2.6.1 Menyusun Gaya yang Kolinier

a) Menyusun Gaya yang Kolinier yang Satu Arah



Secara analitis : $R = P_1 + P_2 + P_3$

b) Menyusun Gaya yang Kolinier dengan Arah Berlawanan

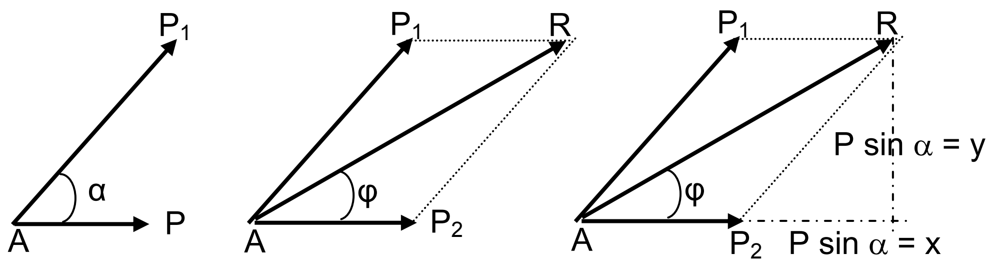


Gambar 21

Secara analitis : $R = P_1 + P_2 - P_3$

2.6.2 Menyusun Dua Gaya yang Konkuren

Secara grafis, gaya **Resultan** dapat ditentukan dengan menggunakan jajaran genjang gaya dan atau segitiga gaya.



Gambar 22

Arah gaya resultan $\varphi = \text{arc tg } \dfrac{y}{(P_2 + x)}$.

Secara analitis besarnya gaya **Resultan** adalah :

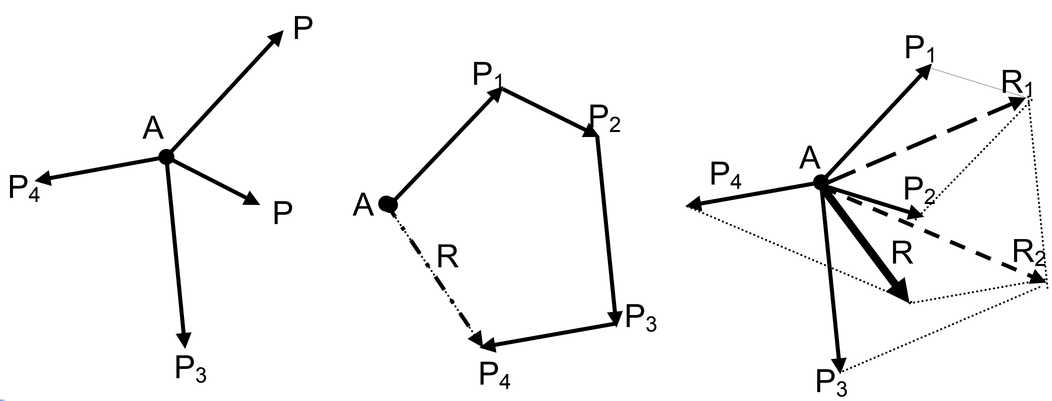
$R = \sqrt{P_1^2 + P_2^2 + 2.P_1.P_2.\cos\alpha}$

2.6.3 Menyusun Beberapa Gaya Konkuren

a. Secara grafis,

Gaya resultan dapat ditentukan dengan cara:

- jajaran genjang gaya dan atau
- segi banyak.



Segi Banyak Gaya

Jajaran Genjang Gaya

Gambar 23

b. Cara Analitis

Gaya-gaya yang akan dicari resultannya diuraikan dalam arah sumbu X dan sumbu Y. Titik tangkap gaya-gaya harus dilalui oleh kedua sumbu tersebut. Sumbu X dapat horisontal ataupun miring. Dipilih mana yang memudahkan perhitungan. Yang penting kedua sumbu itu saling tegak lurus.

Cara analitis ini ada juga yang menyebutnya sebagai metode proyeksi vektor gaya, karena menggunakan konsep bahwa proyeksi resultan dari vektor gaya pada setiap sumbu adalah sama dengan jumlah aljabar proyeksi masing-masing komponennya pada sumbu yang sama.

Perhatikan gambar di bawah ini (gambar 25). Dalam gambar 25 dipilih sumbu X horisontal dan sumbu Y vertikal. P_1 diuraikan menjadi $X_1 = P_1 \cos \alpha_1$ dan $Y_1 = P_1 \sin \alpha_1$; P_2 diuraikan menjadi $X_2 = P_2 \cos \alpha_2$ dan $Y_2 = P_2 \sin \alpha_2$ dan seterusnya sehingga P_n diuraikan menjadi $X_n = P_n \cos \alpha_n$ dan $Y_n = P_n \sin \alpha_n$.

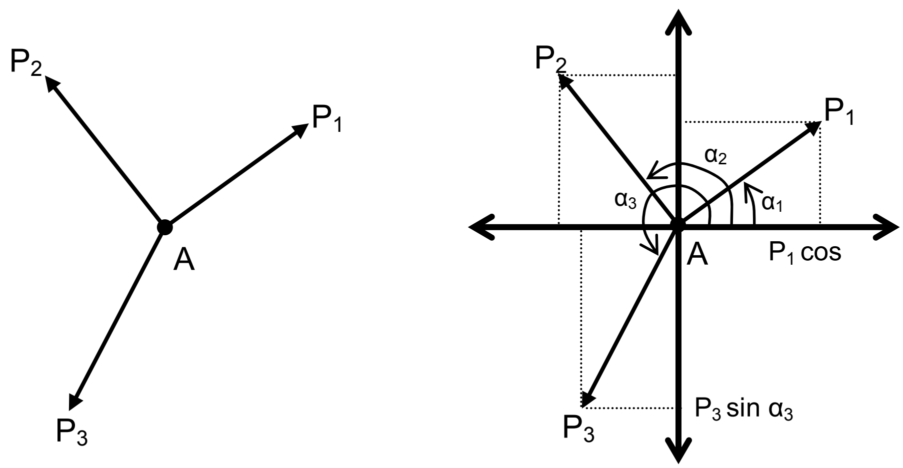
Jadi diperoleh :

$X_r = P_1 \cos \alpha_1 + P_2 \cos \alpha_2 + \ldots\ldots + P_n \cos \alpha_n$

atau secara umum ditulis :

$X_r = \Sigma\, P_n \cos \alpha_n$

Dengan cara yang sama diperoleh : $Y_r = \Sigma\, P_n \sin \alpha_n$



Gambar 24

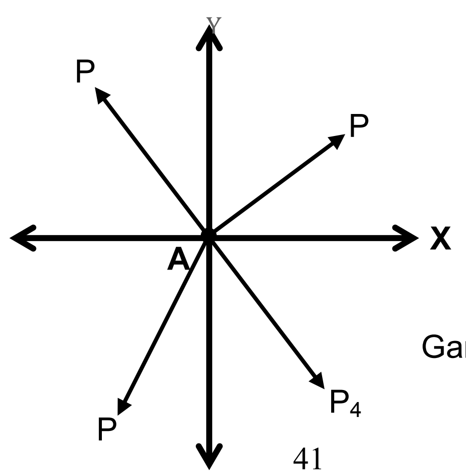
Besarnya resultan : $R = \sqrt{X_r^{\,2} + Y_r^{\,2}}$

Arah resultan : $\text{tg } \varphi = \dfrac{Y_r}{X_r}$ atau $\varphi = \text{arc tg } \dfrac{Y_r}{X_r}$

Contoh Soal dan Penyelesaian :

1. Diketahui gaya-gaya konkuren seperti gambar 20 dibawah ini. P_1 = 15 kN, P_2 = 20 kN, P_3 = 25 kN dan P_4 = 30 kN. Gaya-gaya tersebut masing-masing membentuk sudut $\alpha_1 = 30^0$, $\alpha_2 = 135^0$, $\alpha_3 = 240^0$ dan $\alpha_4 = 315^0$.

   Ditanyakan besar dan arah resultan.



Gambar 25

Penyelesaian :

Θ **Cara analitis :**

Misalnya sumbu X dan Y dibuat horisontal dan vertikal. Untuk memudahkan hitungan dibuat tabel sebagai berikut :

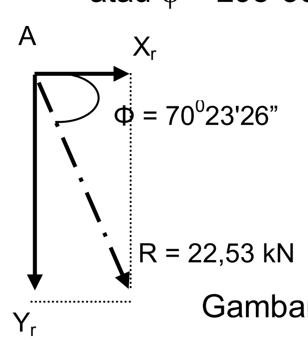
No.	**Pn (kN)**	α_n	**Xn = Pn cos** α_n	**Yn = Pn sin** α_n
1	15	30	12,99	7,5
2	20	135	-14,14	14,14
3	25	240	-12,50	-21,65
4	30	315	21,21	-21,21
Jumlah			7,56	-21,22

Besarnya resultan : $R = \sqrt{(7{,}56)^2 + (-21{,}22)^2}$

$= 22{,}53$ kN

Arah resultan : $\varphi = \text{arc tg} \dfrac{-21{,}22}{7{,}56} = -70^0 23\text{'}26\text{''}$

atau $\varphi = 298^0 36\text{'}34\text{''}$

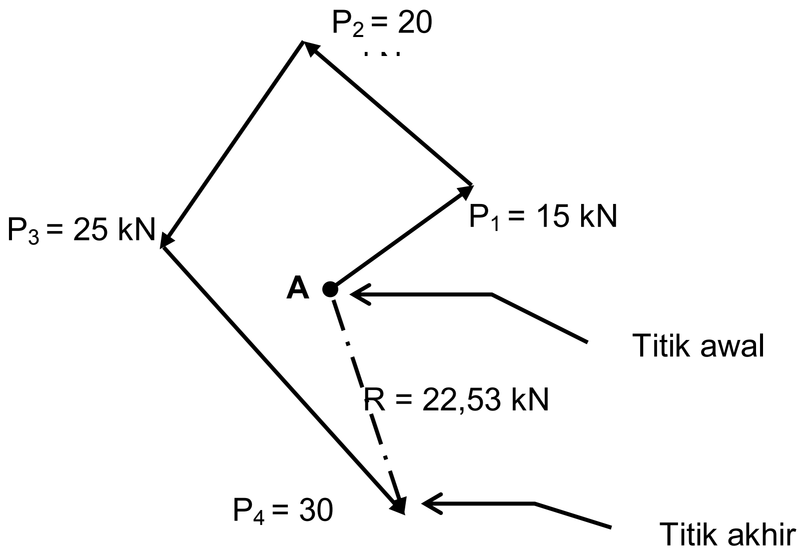


Gambar 26

ϴ Secara grafis :

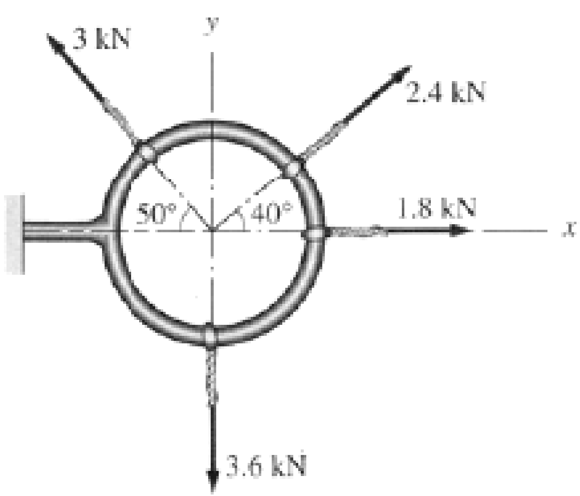
Dengan menggunakan segi banyak gaya.

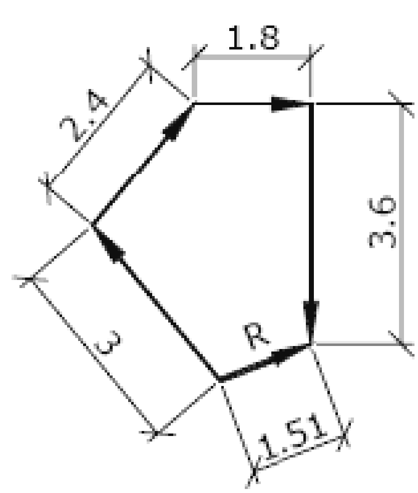
Skala gaya : 1 cm = 5 kN



Gambar 27

2. Diketahui suatu benda dengan gaya-gaya seperti terlihat pada gambar sebagai berikut. Ditanyakan : tentukan besar dan arah resultan gaya dari empat gaya tarik pada besi ring.

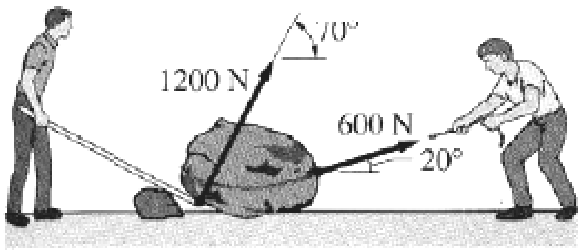


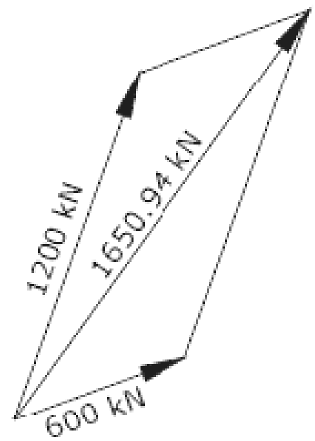


Gambar 28

3. Diketahui dua orang seperti terlihat pada gambar berikut, sedang berusaha memindahkan bongkahan batu besar dengan cara tarik dan ungkit. Ditanyakan: Tentukan besar dan arah gaya resultan yang bekerja pada titik bongkah batu akibat kerja dua orang tersebut.

Jawaban:

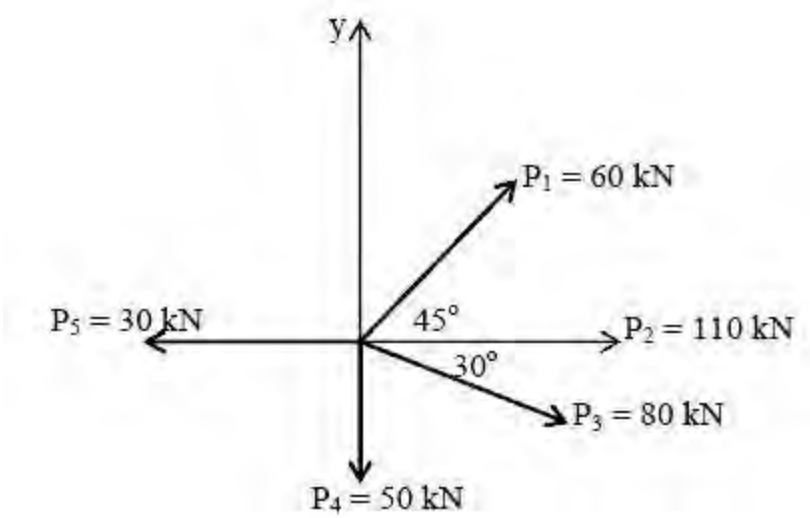




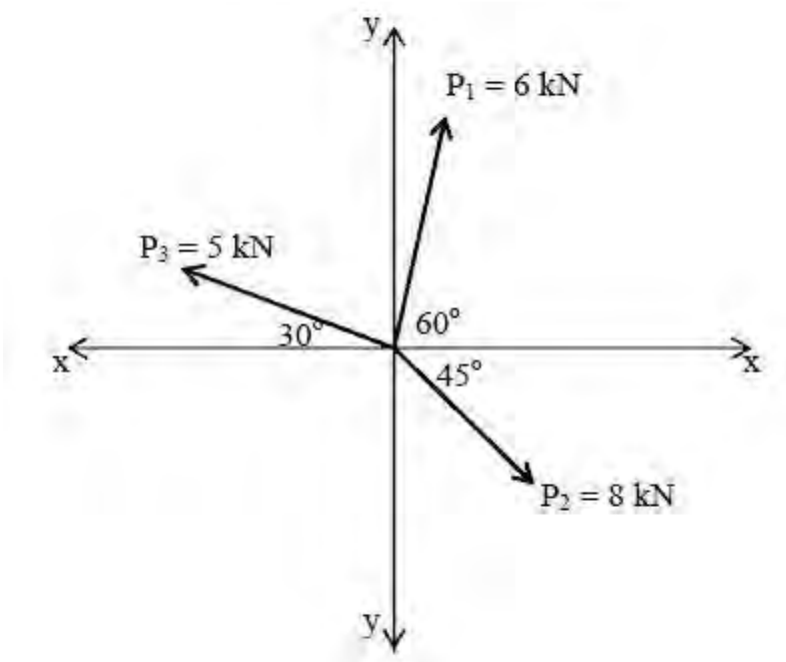
Gambar 29

Soal Latihan

1. Tentukan resultan dari komposisi gaya-gaya dan arahnya pada gambar di bawah ini.



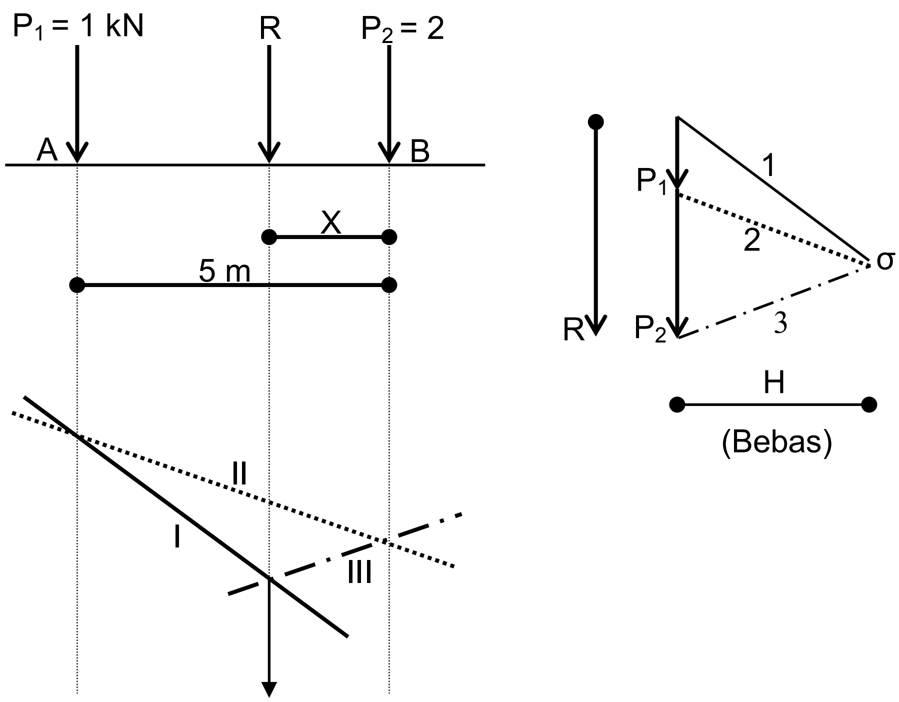
2. Tentukan resultan dari komposisi gaya-gaya dan arahnya pada gambar di bawah ini.



2.6.4 Memadu Gaya yang tidak Konkuren

a) Memadu dua buah gaya yang sejajar.

Dalam memadu gaya yang tidak konkuren, ada tiga hal yang akan dicari yaitu : besar, arah, letak resultannya.



Gambar 30

Secara grafis dapat dilakukan dengan menggunakan lukisan kutub. Langkah melukis sebagai berikut :

1. Tentukan skala gaya dan skala jarak.
2. Gambarlah gaya P_1 dan P_2 dan tentukan letak titik kutubnya.
3. Titik kutub letaknya sembarang, yang penting garis yang terbentuk dapat dipindahkan dalam poligon gaya.
4. Lukis garis 1 pada kutub dan lukis garis I sejajar dengan garis 1.
5. Lukis garis 2 dan lukis garis II sejajar garis 2.
6. Lukis garis 3 dan lukis garis III sejajar garis 3.

7. Titik potong garis II dan garis III merupakan letak resultan yang dicari, sedang besarnya resultan dan arahnya dapat diukur dan dilihat pada lukisan kutub.

Cara analitis :

Untuk menghitung besarnya resultan adalah R = P_1 + P_2. Arah resultan sesuai dengan arah P_1 dan P_2. Sedang letak resultan dapat dihitung berdasarkan keseimbangan momen komponen (gaya yang dipadu) dengan momen resultan (gaya paduannya). Dimisalkan letak resultan sejauh x dari titik B

Statis momen terhadap titik B.

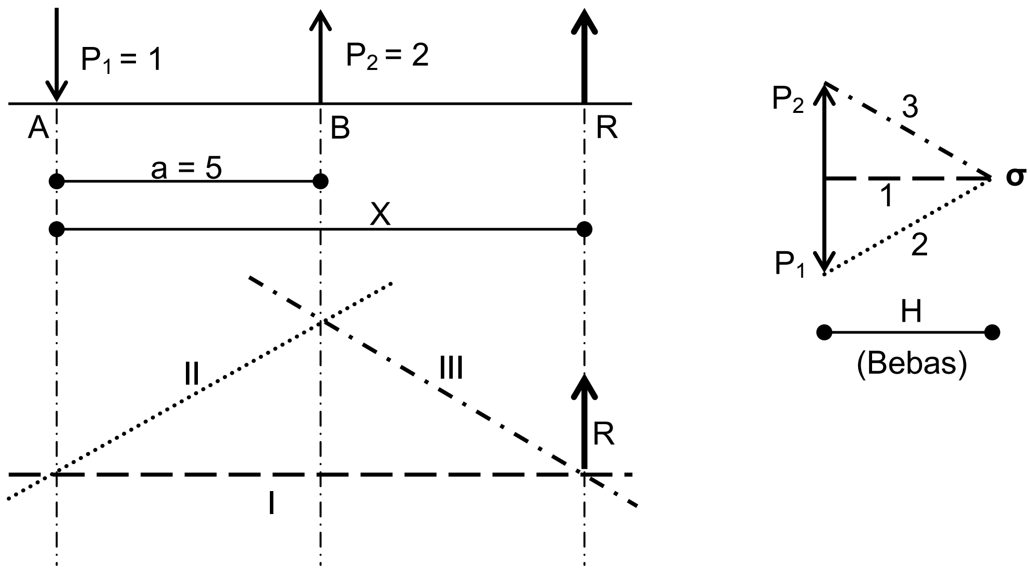
$$P_1 \cdot a = R \cdot x \text{ ------}\blacktriangleright \; R = 1 + 2 = 3$$

$$x = \frac{P_1 . a}{R} = \frac{1.5}{3} = 1{,}67 \sim 1{,}7 \text{ m}$$

Jadi letak resultan 1,7 m dari titik B

b) Menyusun Dua Buah Gaya yang Arahnya Berlawanan.

Misalkan gaya seperti pada gambar 31 di bawah ini. P_1 arahnya ke bawah dan besarnya 1 kN sedang P_2 = 2 kN arahnya ke atas. Secara grafis dapat dicari besar, arah dan letak resultan sebagai berikut :



Gambar 31

Cara melukis sama seperti pada contoh 1) tetapi harus dipahami benar konsep lukisannya. Di sini gaya P_2 ke atas. Oleh karena itu walaupun ujung P_2 di atas, lukisannya paling akhir. Dan tampak letak R tidak di antara P_1 dan P_2, tetapi terletak di luar P_1 dan P_2.

Secara analitis juga dapat dihitung seperti pada di atas. Dalam hal ini hitungan menjadi :

Misal jarak resultan dengan titik A = x, maka :

$R \cdot x = P_2 \cdot a$ -------▶ $R = P_2 - P_1 = 2 - 1 = 1$ ton

Arahnya ke atas

$$x = \frac{P_2 . a}{R} = \frac{2.5}{1} = 10$$

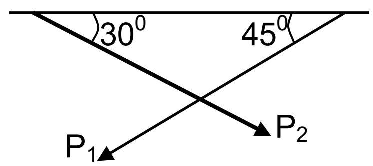
Jadi letak resultan 10 m dari titik A

Untuk gaya yang lebih dari dua, cara menghitung dan melukisnya sama seperti pada dua gaya. Perhitungan secara grafis menggunakan lukisan kutub dan secara

analitis menggunakan dalil momen statis terhadap suatu titik **"momen resultan sama dengan jumlah momen komponen"**.

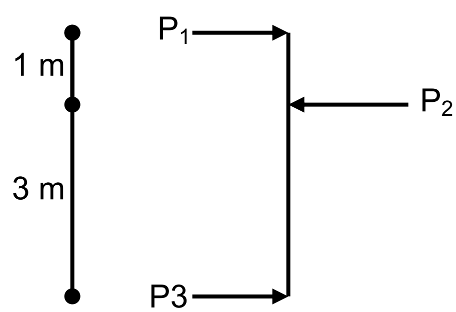
Soal Latihan

1. Diketahui gaya P = 4 kN, diminta besar dan arah gaya pengganti P_1 dan P_2 secara grafis dan analitis (lihat gambar 32). (Nilai 10)



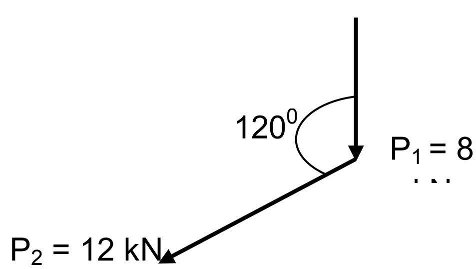
Gambar 32

2. Tentukan besar dan letaknya resultan dari gaya P_1 = 2 kN, P_2 = 3 kN dan P_3 = 5 kN (lihat gambar 33). (Nilai 10)



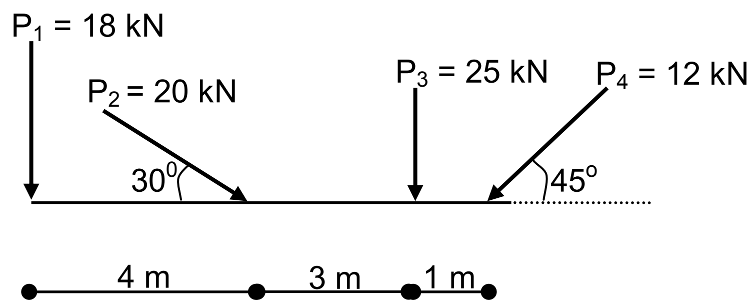
Gambar 33

3. Hitunglah besar dan arah gaya P_1 dan P_2 secara grafis dan analitis dari susunan gaya seperti gambar 34. (Nilai 10)



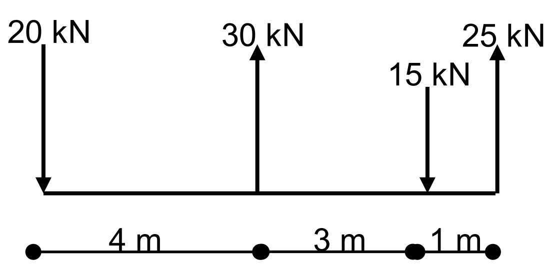
Gambar 34

4. Hitunglah besar, arah dan letak resultan gaya P_1, P_2, P_3 dan P_4 secara grafis dan analitis dari susunan gaya seperti gambar 35. (Nilai 25)



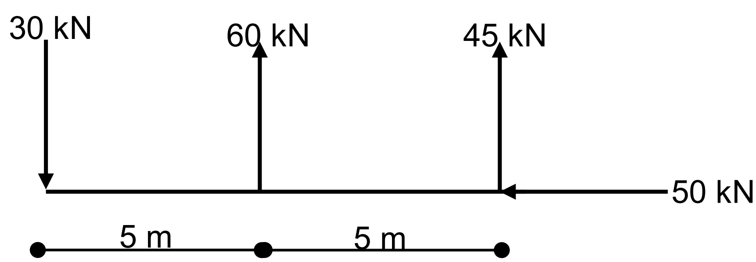
Gambar 35

5. Hitung secara grafis dan analitis resultan dari gaya-gaya gambar 36 di bawah ini. (Nilai 15)



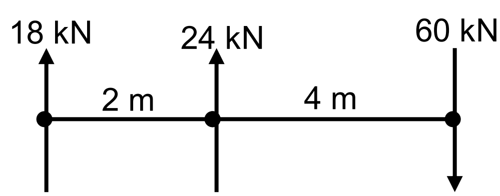
Gambar 36

6. Tentukan besar dan arah resultan gaya-gaya berikut ini secara grafis dan analitis. (Nilai 15)



Gambar 37

7. Hitunglah besar dan arah resultan gaya-gaya seperti gambar 30 di bawah ini, secara grafis dan analitis. (Nilai 15)



Gambar 38

KEGIATAN BELAJAR 3

MENGURAIKAN GAYA YANG SETARA

Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian dapat :

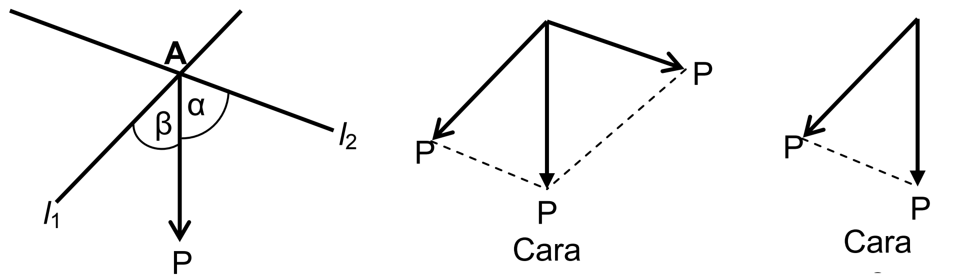
1. Menguraikan gaya yang setara dari sebuah gaya menjadi dua buah gaya.
2. Menguraikan gaya yang setara dari sebuah gaya menjadi tiga buah gaya.
3. Memahami garis sumbu kutub.
4. Dapat menggunakan garis sumbu kutub.

3.1 Menguraikan Sebuah Gaya menjadi Dua Buah Gaya

Istilah lain yang digunakan untuk mengganti istilah menguraikan gaya adalah membagi gaya. Berbeda dengan resultan gaya, (yang mencari besar, arah, letak titik tangkap dan garis kerja gaya resultan dari beberapa gaya komponen), membagi gaya adalah mencari besar dan arah gaya yang sudah diketahui garis kerjanya.

3.1.1 Menguraikan Sebuah Gaya menjadi Dua Buah Gaya yang Konkuren

Secara grafis dapat dilakukan dengan jajaran genjang gaya dan atau segitiga gaya. (gambar 39)

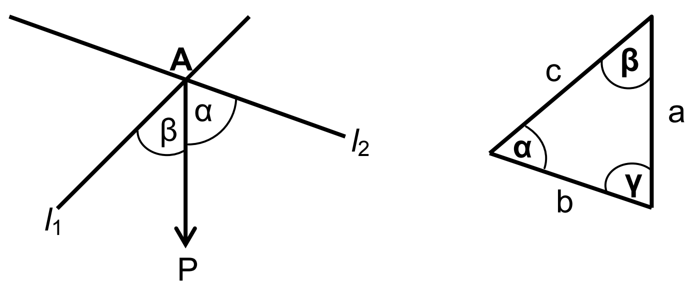


Gambar 39

Secara analitis dapat digunakan rumus sinus sebagai berikut :

$$\frac{a}{\sin\alpha} = \frac{b}{\sin\beta} = \frac{c}{\sin\gamma}$$

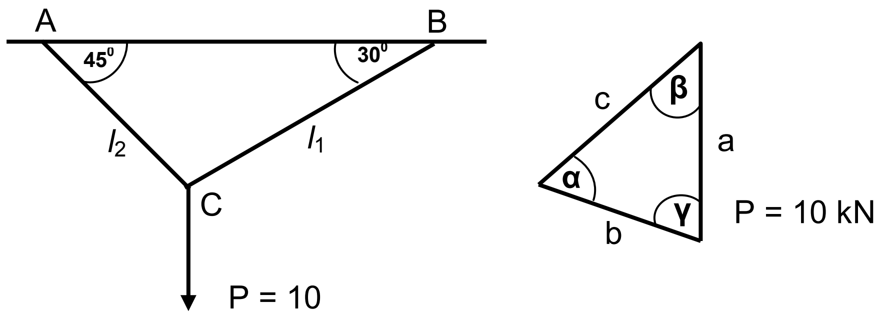
Bila salah satu sisinya (gaya yang akan dibagi) diketahui besarnya dan besarnya sudut dalam diketahui, maka panjang (besarnya) sisi yang lain dapat diketahui.



Gambar 40

Contoh Soal:

Diketahui gaya P = 10 kN akan dibagi menjadi dua gaya yang bergaris kerja l_1 dan l_2 seperti gambar 41. Diminta besar dan arah gaya komponen (P_1 dan P_2).



Gambar 41. Gaya P dibagi menjadi 2 buah gaya

Perhitungan cara grafis dapat dilihat pada gambar 33. Besarnya gaya komponen P_1 dan P_2 dapat dihitung dengan mengalikan panjang garis masing - masing terhadap skala gaya 4 ton = 1 cm.

Diperoleh $P_1 = 1{,}9 \,.\, 4 = 7{,}2$ kN, $P_2 = 2{,}3 \,.\, 4 = 9{,}2$ kN

Cara anaitis :

$$\frac{P_1}{\sin\beta} = \frac{P_2}{\sin\gamma} = \frac{P}{\sin\alpha} \quad \rightarrow \quad \beta = 45^0;\ \gamma = 60^0$$

$$\alpha = 180^0 - 45^0 - 60^0$$

$$\alpha = 75^0$$

Menghitung P_1

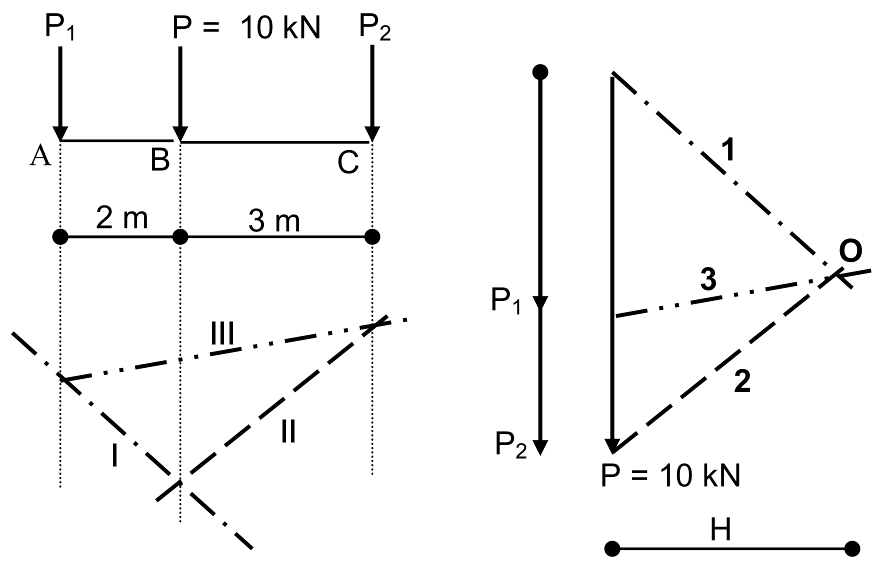
$$\frac{P_1}{\sin 45^0} = \frac{P}{\sin 75^0} \quad \rightarrow \quad P_1 = \frac{\sin 45^0}{\sin 75^0} \,.\, 10 = 7{,}32 \text{ kN}$$

Menghitung P_2

$$\frac{P_2}{\sin 60^0} = \frac{P}{\sin 75^0} \quad \rightarrow \quad P_2 = \frac{\sin 60^0}{\sin 75^0} \,.\, 10 = 8{,}97 \text{ kN}$$

3.1.2 Membagi Sebuah Gaya menjadi Dua Buah Gaya yang tidak Konkuren

Lihat gambar 42. Gaya P = 10 kN akan dibagi menjadi P_1 dan P_2 yang garis kerjanya masing-masing melalui A dan C.



Gambar 42 Penyelesaian secara grafis

Cara Grafis :

1) Gambarlah garis kerja gaya P, P_1 dan P_2 dengan skala jarak antar garis kerja yang tertentu, misalnya dibuat skala 1 cm = 1 m.
2) Gambar gaya P = 10 kN dengan skala tertentu pula, misal 1 cm = 4 kN. Dan tentukan titik kutub O (sembarang). Usahakan jarak kutub ini sedemikian rupa sehingga lukisan poligon batang nantinya tidak terlalu tumpul dan tidak terlalu runcing.
3) Tarik garis 1 melalui pangkal gaya P = 10 kN dan melalui titik O.
4) Lukis garis I sejajar garis 1, yang memotong garis kerja gaya P_1 dan gaya P.
5) Lukis garis 2 melalui ujung P = 10 kN dan melalui titik O.
6) Lukis garis II sejajar garis 2, yang melalui perpotongan garis I dan garis kerja P dan melalui garis kerja P_2.

7) Lukis garis III yang melalui titik potong antara garis kerja P_1 dan garis I, dan melalui titik potong antara garis kerja P_2 dan garis 2
8) Lukis garis 3 sejajar garis III yang melalui titik kutub dan memotong gaya P = 10 kN.

Setelah selesai langkah lukisan di atas, selanjutnya adalah mengukur panjang garis yang menyatakan besarnya P_1 dan P_2. Besarnya gaya P_1 diukur dari pangkal gaya P = 10 kN sampai perpotongan garis 3 dengan gaya P sampai ujung gaya P. Hasil pengukuran tersebut kemudian dikalikan dengan skala gaya yang dipakai. Dalam persoalan ini diperoleh gaya P_1 = 1,5 . 4 = 6 kN dan gaya P_2 = 1 . 4 = 4 kN.

Cara analitis :

Dengan menggunakan statis momen, yaitu "Momen Resultan = Jumlah Momen Komponen".
Statis Momen terhadap titik A (lihat gambar 42)

$$P \cdot a_1 = P_2 \cdot L \quad \rightarrow \quad P_2 = \frac{P.\,a_1}{L} = \frac{10.\,3}{8} = 3{,}75 \text{ kN}$$

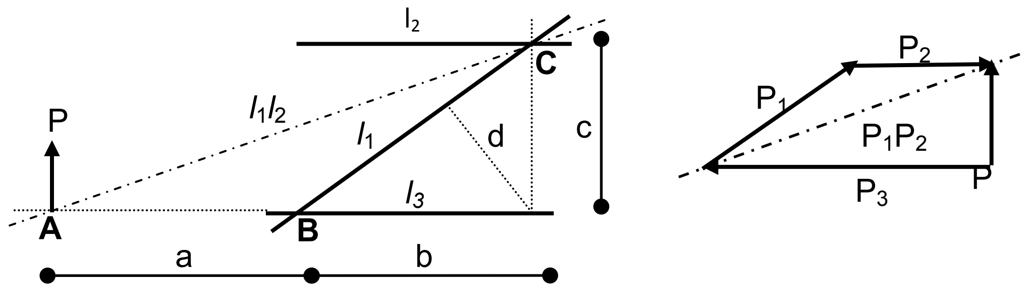
Statis momen terhadap titik C

$$P \cdot a_2 = P_1 \cdot L \quad \rightarrow \quad P_1 = \frac{P.\,a_2}{L} = \frac{10.\,5}{8} = 6{,}25 \text{ kN}$$

3.2 Menguraikan Sebuah Gaya menjadi Tiga Buah Gaya

3.2.1 Menguraikan sebuah gaya menjadi tiga buah gaya yang tidak konkuren

Misalnya gaya P akan diganti menjadi gaya P_1, P_2 dan P_3 yang telah ditentukan garis kerjanya (gambar 44).



Gambar 43. Pembagian gaya menjadi tiga buah gaya yang tidak konkruen

Usaha pertama adalah membuat gaya-gaya tersebut menjadi konkuren. Dalam membuat konkuren tidak dapat dilakukan sekali, tetapi harus dilakukan dua kali. Dalam hal ini, carilah lebih dulu titik pertemuan antara garis kerja gaya yang diganti dengan salah satu garis kerja gaya pengganti, misalnya titik pertemuannya di A. Kemudian agar diperoleh titik tangkap yang konkuren, maka dua garis kerja pengganti yang lain disatukan menjadi sebuah garis kerja (garis kerja persekutuan), misal titik pertemuan antara antara dua gaya pengganti tersebut di C. Garis yang menghubungkan titik A dengan titik C merupakan garis kerja persekutuan yang dimaksud di atas dan membuat gaya diganti dengan ketiga gaya penggantinya yang konkuren. Dari tiga garis kerja yang konkuren inilah dapat dilukis penggantian sebuah gaya menjadi dua buah gaya, yaitu sebuah gaya pengganti P_3 dan sebuah gaya persekutuan (paduan P_1 dan P_2). Selanjutnya gaya persekutuan ini diganti menjadi gaya P_1 dan P_2 (gambar 35). Jadi tiga gaya pengganti telah diketahui semuanya, besarnya tinggal mengukur panjang garisnya dikalikan dengan skala gaya yang dipakai. Mengganti/membagi sebuah gaya menjadi tiga buah gaya yang tidak konkuren ini merupakan dasar ***metode Cullmann*** dalam menghitung besarnya gaya batang pada konstruksi rangka.

Cara analitis

Karena gaya-gayanya tidak konkuren, maka untuk menghitung gaya yang belum diketahui dipakai "Statis Momen". Pemilihan titik yang dipakai sebagai pusat momen harus diperhatikan sedemikian sehingga dalam sebuah persamaan hanya mengandung sebuah bilangan yang belum diketahui. Untuk persoalan di atas (gambar 43) dipilih dahulu titik C sebagai pusat momen, sehingga dapat dihitung gaya P_3 (bila dipilih titik A sebagai pusat momen, maka ada dua bilangan yang belum diketahui yaitu P_1 dan P_2).

Statis momen terhadap titik C :

$$P.\,(a+b) = -P_3\,.\,c \rightarrow P_3 \text{ dimisalkan arah ke kanan}$$

$$P_3 = -\frac{P.(a+b)}{c} \rightarrow \text{ jadi } P_3 \text{ sebenarnya ke kiri}$$

Statis momen terhadap titik B :

$$P.\,a = P_2\,.\,c \rightarrow P_2 \text{ dimisalkan arahnya ke kanan}$$

$$P_2 = \frac{P.a}{C} \rightarrow \text{ berarti arah } P_2 \text{ yang benar ke kanan}$$

Statis momen terhadap titik D :

$$P\,(a+b) = P_2\,.\,c + P_1.\,d \rightarrow \text{ dimisalkan arahnya ke atas}$$

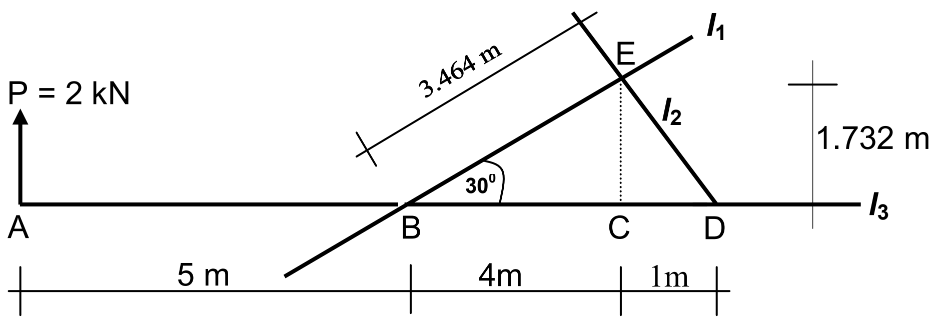
$$P_1 = \frac{P.\,(a+b) - P_2.c}{d}$$

$$P_1 = \frac{P.\,a + P.\,b - P.a}{d} = \frac{P.b}{d} \rightarrow \text{ jadi arah } P_1 \text{ ke atas}$$

Hitungan cara analitis ini merupakan dasar dari ***metode Ritter*** untuk mencari besarnya gaya batang pada konstruksi rangka batang. Untuk lebih memahami sebuah gaya menjadi tiga buah gaya yang tidak konkuren, baik secara grafis maupun secara analitis, berikut diberikan contohnya.

Contoh Soal :

Hitunglah gaya pengganti P_1, P_2 dan P_3, dari sebuah gaya P = 2 kN, yang masing-masing garis kerjanya l_1, l_2 dan l_3 seperti gambar 44.

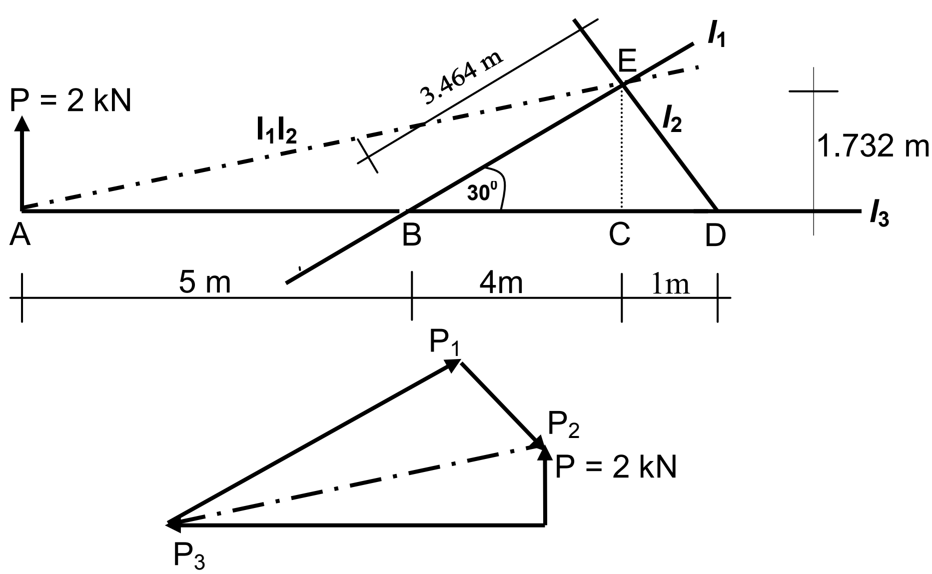


Gambar 44

Penyelesaian :

Cara grafis :

Skala gaya yang dipakai 1 cm = 2 kN; skala jarak 1 cm = 2 m. Lukisan untuk menghitung gaya pengganti adalah seperti pada gambar 37.



Gambar 45 Lukisan gaya pengganti dengan cara grafis

Cara analitis, lihat gambar 45

Statis momen terhadap titik E

$P.\,8 = -\,P_3\,.\,1{,}732$ → P_3 dimisalkan ke kanan

$P_3 = -\dfrac{P.\,8}{1{,}732} = -\dfrac{2.\,8}{1{,}732} = -\,9{,}24$ kN → jadi P_3 ke kiri

Statis momen terhadap titik D

$P.\,9 = P_1\,.\,2$ → P_1 dimisalkan ke atas

$P_1 = \dfrac{P.\,9}{2} = \dfrac{2.\,9}{2} = 9$ kN → ke atas

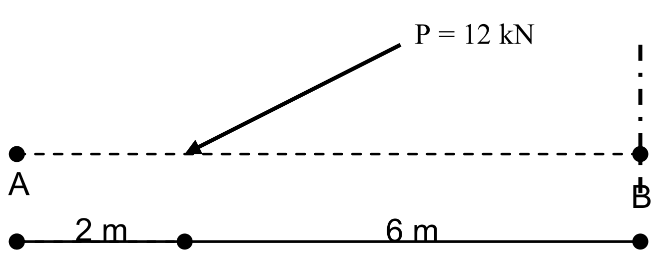
Statis momen terhadap titik B

$P.\,5 = -\,P_2\,.\,3{,}464$ → P_2 dimisalkan ke atas

$P_2 = -\,\dfrac{2.\,5}{3{,}464} = -\,2{,}89$ kN → ke bawah

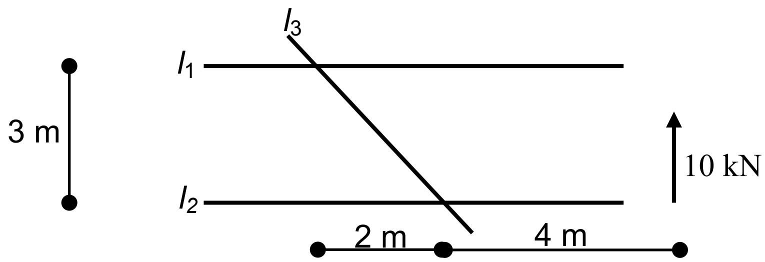
Soal Latihan:

1. Tentukan besar dan arah gaya pengganti dari sebuah gaya 12 kN yang bergaris kerja melalui A dan B. Garis kerja yang melalui B sudah ditentukan, sedang garis kerja yang melalui A tentukan sendiri. Nilai perhitungan analitis 15 dan nilai hitungan secara grafis 15.



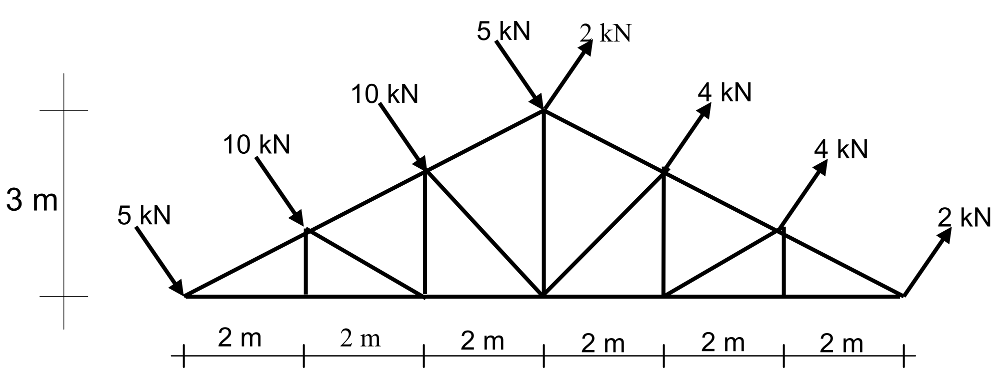
Gambar 46

2. Sebuah gaya P = 10 kN akan diganti menjadi gaya P_1, P_2 dan P_3 yang garis kerjanya masing-masing l_1, l_2 dan l_3. Tentukan besar dan arah gaya pengganti tersebut. Nilai perhitungan analitis 20 dan nilai hitungan secara grafis 20.



Gambar 47

3. Hitunglah besar resultan dari gaya-gaya yang bekerja pada kuda-kuda di bawah ini secara grafis. Gaya akibat angin dari kiri berturut-turut 5 kN, 10 kN, 10 kN, 5 kN, 4 kN, 4 kN dan 2 kN dengan arah seperti gambar di bawah ini. (Nilai 30)



Gambar 48

KEGIATAN BELAJAR 4

MENYUSUN GAYA YANG SEIMBANG

Tujuan Pembelajaran

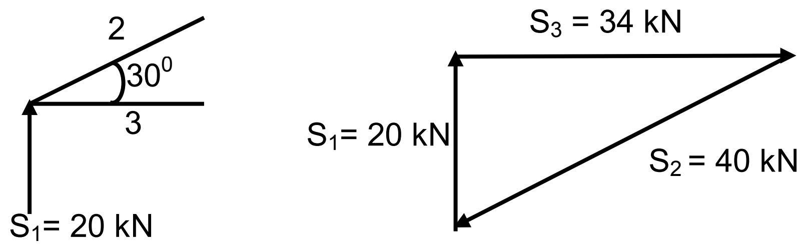
Setelah mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian dapat menyusun gaya yang seimbang baik secara grafis maupun analitis pada :

a. Gaya yang konkuren
b. Gaya yang sejajar
c. Gaya yang tidak konkuren

4.2 Menyusun Gaya Konkuren yang Seimbang

Menyusun gaya yang seimbang adalah hampir sama dengan menyusun gaya yang setara, bedanya pada arah gayanya. Seperti yang telah dijelaskan di depan, pada keseimbangan gaya jumlahnya gaya aksi dapat lebih dari satu sampai beberapa buah dan reaksinya dapat satu, dua atau tiga. Bila lebih dari 3 reaksi tidak cukup diselesaikan dengan persamaan keseimbangan $\Sigma M = 0$, $\Sigma G_y = 0$, $\Sigma G_x = 0$. Dalam uraian ini akan diberikan contoh untuk menyusun gaya yang seimbang (mencari reaksi).

Pada sebuah titik buhul suatu kuda-kuda yang terdapat dua batang dan sebuah gaya sebesar S_1 = 20 kN yang arahnya menuju titik buhul. Tentukan gaya pada ke dua batang yang belum diketahui agar titik buhul itu seimbang, lihat gambar di bawah ini.



Gambar 49

Secara grafis dapat dilakukan dengan lukisan tertutup. Gambarlah gaya S_1 yang besarnya 20 kN dengan sekala tertentu, misal 1 cm = 10 kN.

Tarik garis sejajar dengan batang 3 pada ujung gaya S_1, tarik juga garis sejajar batang 2 yang melalui pangkal gaya S_1 sehingga ke dua garis ini berpotongan. Sekarang urutkan arah gaya yang di mulai dari gaya S_1 ke atas kemudian gaya 3 (mendatar), gaya 2 (miring). Dengan demikian arah gaya dapat diketahui yaitu gaya pada batang 3 meninggalkan titik buhul (ke kanan), gaya pada batang 3 menuju titik buhul (miring ke bawah). Besarnya gaya batang dapat diketahui dengan mengukur panjang masing-masing garis yang dikalikan dengan sekala gayanya. Dalam soal ini besar gaya batang S_3 adalah 34 kN, dan besar gaya batang S_2 adalah 40 kN

Secara analitis dapat dihitung dengan persamaan keseimbangan (dalam hal ini keseimbangan translasi). Dimisalkan arah gaya S_2 meninggalkan titik buhul. Apabila nanti hasilnya negatif maka arah gaya yang seharusnya adalah kebalikannya yang dalam hal ini menjadi menuju titik buhul.

$\sum G_y = 0 \rightarrow \quad 20 + S_2 \sin 30^0 = 0$

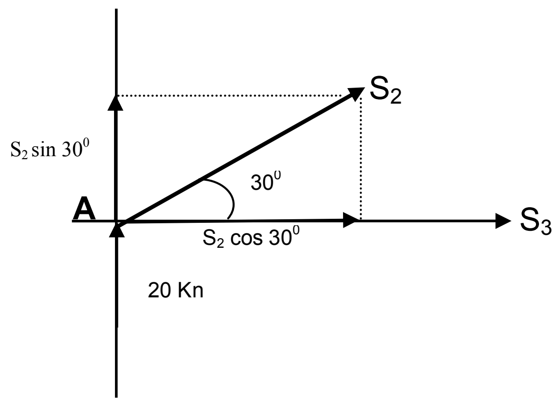
$S_2 = - 20/\sin 30^0$

$S_2 = - 40$ kN (berarti arahnya menuju titik buhul)

$\Sigma G_x = 0 \rightarrow \quad S_3 + S_2 \cos 30^0 = 0$

$S_3 = -S_2 \cos 30^0 = - (- 40) \cos 30^0$

S_3 = + 34 kN (arahnya sesuai dengan perkiraan yaitu meninggalkan titik buhul)



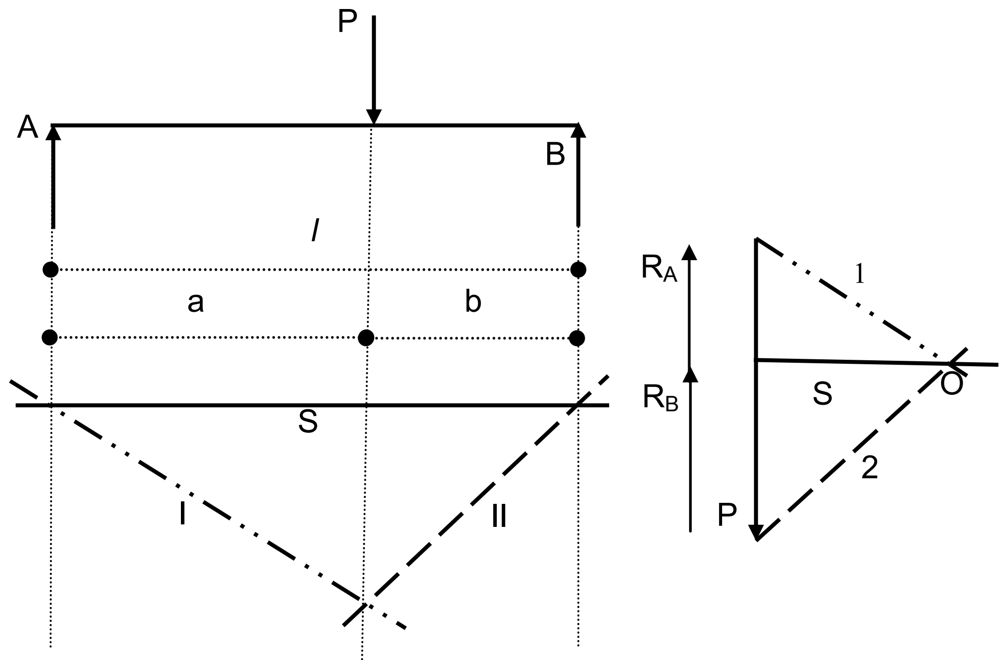
Gambar 50

4.2 Keseimbangan Gaya yang Tidak Konkuren

4.2.1 Keseimbangan Sebuah Gaya Aksi dengan Dua Gaya Reaksi

Peristiwa ini antara lain terjadi pada konstruksi balok sederhana yang dibebani oleh beban terpusat atau beban lainnya, baik satu buah gaya maupun lebih. Sebagai contoh sebuah gaya P (aksi) bekerja pada balok AB direaksi oleh gaya yang bekerja melalui titik A dan B. Untuk menyusun gaya aksi dan reaksi menjadi seimbang dapat dilakukan secara grafis ataupun analitis.

Cara grafis adalah sebagai berikut : lukis garis P dengan skala tertentu. Tentukan letak titik kutub O. Tarik garis 1 melalui ujung P dan titik O. Pindahkan garis satu ini pada garis kerja gaya P dan garis kerja gaya reaksi di A (sebut garis ini garis I). Tarik garis 2 melalui ujung P dan titik O. Pindahkan garis 2 ini melalui garis kerja P dan garis kerja reaksi di B (sebut garis ini garis II). Hubungkan titik potong antara garis I dan garis reaksi di A dengan garis II dan garis reaksi di B (sebut garis ini garis S). Pindahkan garis S ini pada lukisan kutub melalui titik O (sebut garis ini garis S). Jarak antara pangkal gaya P sampai titik potong garis S adalah besarnya reaksi di A (R_A) yang arahnya ke atas dan jarak antara titik potong garis S dengan ujung gaya P adalah besarnya gaya reaksi di B (R_B) yang arahnya ke atas. Dengan demikian diperoleh gaya yang seimbang antara aksi (P) dan reaksi (R_A dan R_B)



Gambar 51

Dalam persoalan ini gaya aksi dan reaksi tidak konkuren, sehingga terjadi gerak rotasi. Oleh karena itu untuk menghitung secara analitis perlu menggunakan persamaan keseimbangan rotasi ($\Sigma M = 0$). Sedang keseimbangan translasi dipakai sebagai kontrol saja.

$\Sigma M_B = 0 \rightarrow$ (dimisalkan arah R_A ke atas)

$(R_A \,.\, l) - (P.\, b) = 0, \quad R_A = \dfrac{P\,.\,b}{l}$ (ke atas)

$\Sigma M_A = 0 \rightarrow$ (dimisalkan arah R_B ke atas)

$(R_B \,.\, l) - (P.\, a) = 0, \quad R_B = \dfrac{P\,.\,a}{l}$ (arahnya ke atas)

Coba kontrol $\Sigma G_Y = 0$

Contoh lain yang terdiri atas dua gaya aksi P_1 dan P_2 dengan dua gaya reaksi sebagai berikut. Dalam hal ini $P_1 > P_2$.

Secara analitis :

$\Sigma M_B = 0$ (R_A dimisalkan ke atas)

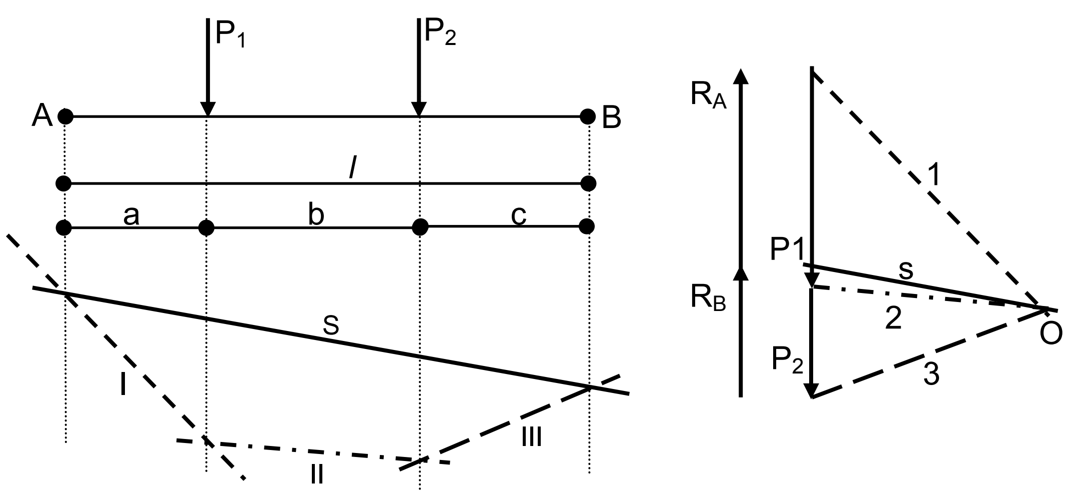
$(R_A \,.\, l) - (P_1.(b + c)) - (P_2.\, c) = 0$

$$R_A = \frac{(P_1.(b+c)) + (P_2\,.c)}{l} \text{ (ke atas)}$$

$\Sigma M_A = 0$ (R_B dimisalkan ke atas)

$(- R_B \,.\, l) + (P_1 \,.\, a) + (P_2.(\, a + b\,)) = 0$

$$R_B = \frac{(P_1.a) + (P_2.(a+b))}{l} \text{ (ke atas)}$$

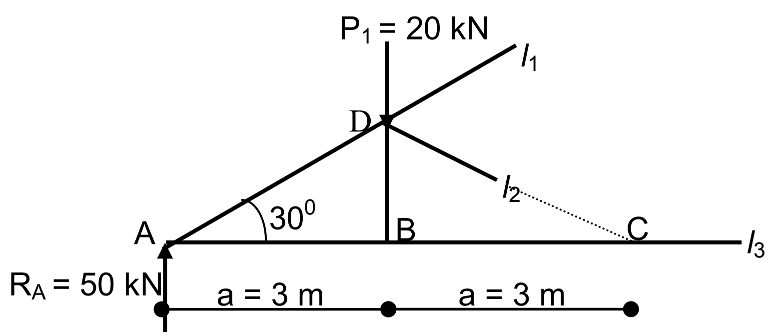


Gambar 52

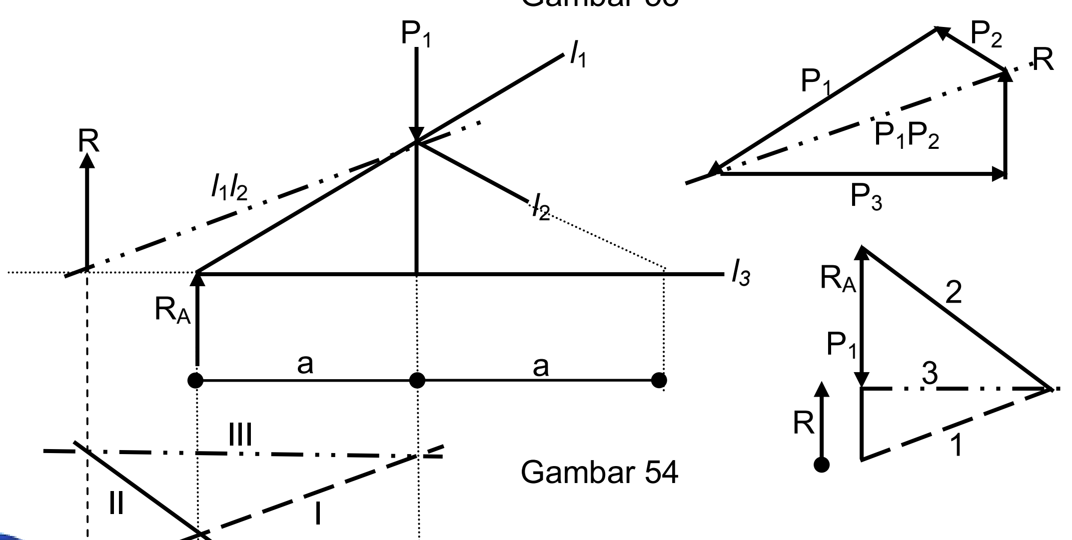
4.2.2 Keseimbangan Dua buah Gaya Aksi dengan Tiga buah Gaya Reaksi

Peristiwa ini terjadi antara lain pada pencarian gaya batang yang menggunakan metode potongan. Sebenarnya cara menyusun keseimbangan gaya sama dengan cara menyusun gaya yang setara, bedanya hanya arah gaya reaksi yang merupakan kebalikan dari arah gaya aksi. Berikut ini diberikan contoh secara grafis dan analitis.

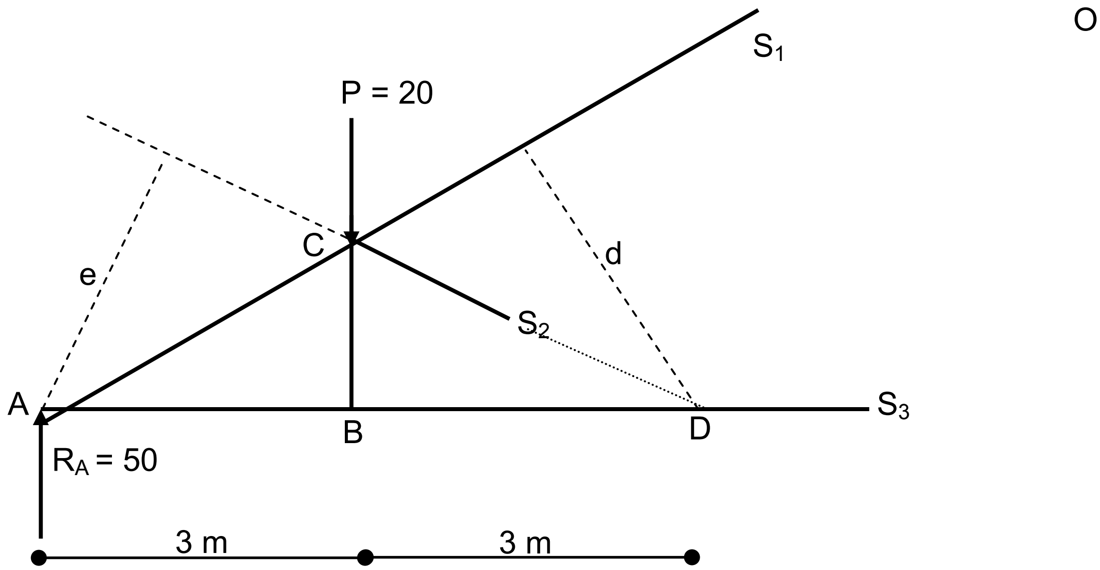
Sebuah rangka batang yang secara abstrak dipotong maka potongannya sebelah kiri harus seimbang dengan gaya-gaya yang bekerja di sebelah kiri potongan tersebut, demikian juga yang sebelah kanan. Dalam peristiwa ini ada tiga gaya reaksi yang timbul (paling banyak). Lebih dari tiga gaya reaksi tidak cukup diselesaikan dengan persamaan keseimbangan. Pada gambar 45 di bawah ini gaya R_A, P_1 dan gaya yang bergaris kerja 1, 2 dan 3 harus seimbang.



Gambar 53



Gambar 54



Gambar 55

Secara analitis perhitungan menggunakan keseimbangan rotasi ($\Sigma M = 0$). Untuk mencari gaya S_3, maka gaya S_1 dan S_2 harga momennya dibuat nol. Oleh karena itu dipilih $\Sigma M_D = 0$. Dimisalkan arah gaya S_3 meninggalkan titik buhul B, maka diperoleh persamaan :

$R_A . 3 + P_1 . 0 + S_1 \; 0 + S_2 . 0 - S_3 . 3 \text{ tg } 30^0 = 0$

$\mathbf{S_3 = R_A . 3 : 3 . tg\ 30^0. = 86{,}6\ kN}$ (berarti arahnya sesuai dengan perkiraan yaitu meninggalkan titik buhul).

Untuk mencari S_1, maka momen akibat S_2 dibuat nol dengan menggunakan $\Sigma M_C = 0$.Misal arah gaya S_1 terhadap titik C meninggalkan titik buhul D. Jarak lengan gaya S_1 terhadap titik C adalah d = 6. sin 30^0 = 3 m. diperoleh persamaan :

$R_A . 6 - P_1 . 3 + S_3 .0 + S_2 . 0 + S_1 . d = 0$

$$S_1 = \frac{-R_A .6 + P.3}{6}$$

$$= \frac{-50.6 + 20.3}{6}$$

$$= \frac{-300.6 + 60}{6} = \frac{-240}{6} = -40$$

S_1= - 40 kN (berarti arahnya berlawanan dengan perkiraan. Jadi arah S_1 sebenarnya menuju titik buhul D)

Untuk mencari S_2, dipilih yang komponen gaya momennya sebanyak mungkin harganya nol. Untuk itu dipilih $\Sigma M_A = 0$. Gaya S_2 dimisalkan arahnya meninggalkan titik buhul D. Jarak lengan momen gaya S_2 terhadap titik A adalah e = 6. sin 30^o = 3 m, diperoleh persamaan :

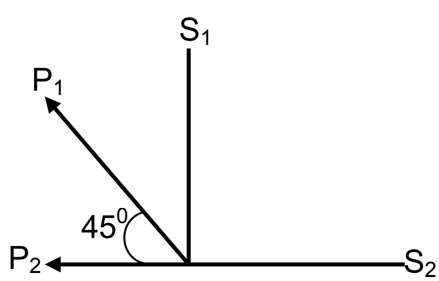
$$P . 3 + S_2 . e + R_A . 0 + S_1 . 0 + S_2 . 0 = 0$$

$$P. 3 = -S_2 . e \longrightarrow S_2 = -\frac{P.3}{e} = -\frac{20.3}{3} = - 20 \text{ kN}$$

berarti arah S_2 berlawanan dari perkiraan, jadi sebenarnya menuju titik buhul D.

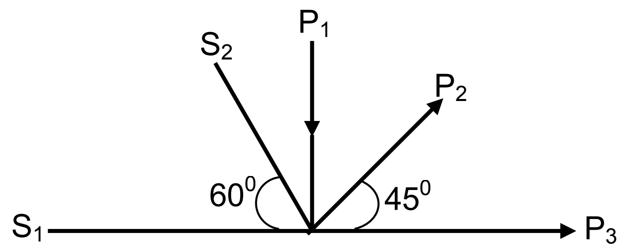
Soal Latihan

1. Tentukan besar dan arah gaya S_1 dan S_2 dari suatu titik buhul kuda-kuda agar seimbang dengan gaya yang sudah ada yaitu P_1 = 30 kN dan P_2 = 40 kN, baik secara grafis maupun analitis lihat gambar 48 di bawah ini. (Nilai analitis 5 dan nilai grafis 5).



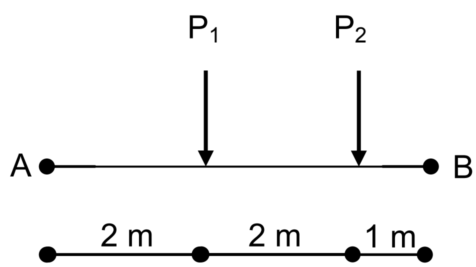
Gambar 56

2. Hitung besar dan arah gaya S_1 dan S_2 dari suatu titik buhul kuda-kuda agar seimbang dengan gaya yang sudah ada yaitu P_1 = 40 kN, P_2 = 60 kN dan P_3 = 30 kN secara grafis dan analitis. (Nilai analitis 10 dan nilai grafis 10).



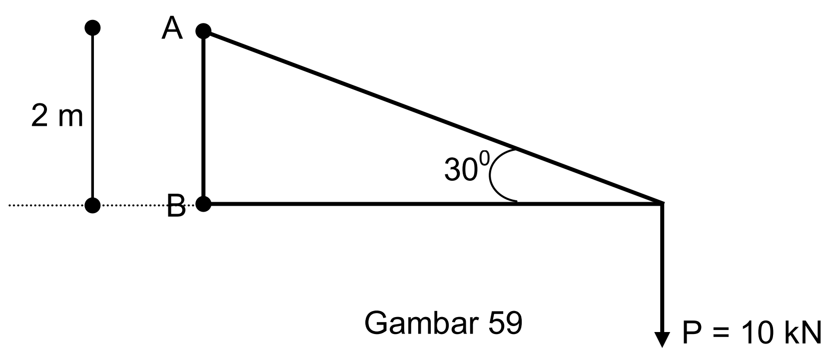
Gambar 57

3. Hitung gaya reaksi yang melalui A dan B akibat gaya aksi P_1 = 70 kN dan P_2 = 40 kN, secara grafis dan analitis. (Nilai analitis 10 dan nilai grafis 10).



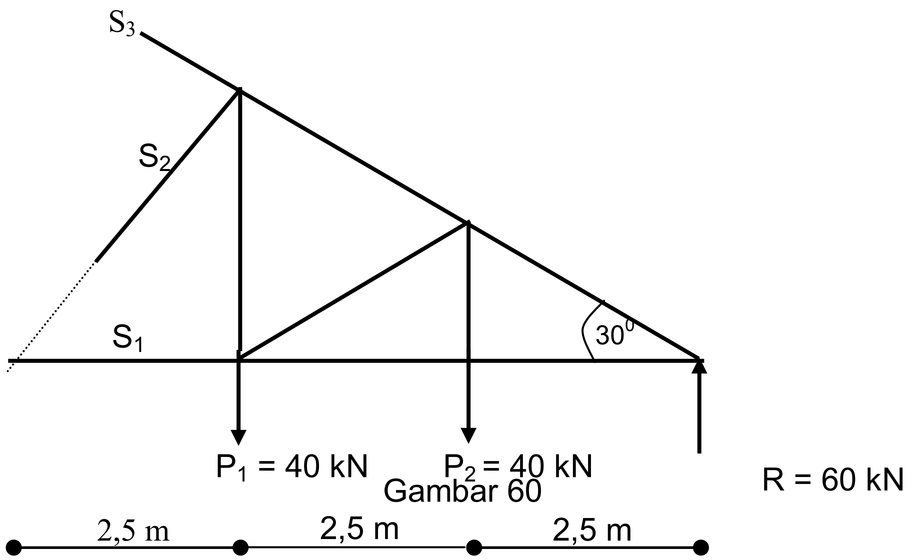
Gambar 58

4. Hitung secara grafis dan analitis gaya reaksi yang melalui A dan B yang diakibatkan oleh gaya P = 10 kN. Garis kerja reaksi di B ditentukan mendatar, sedang garis kerja reaksi yang melalui A tentukan sendiri. (Nilai analitis 10 dan nilai grafis 10).



Gambar 59

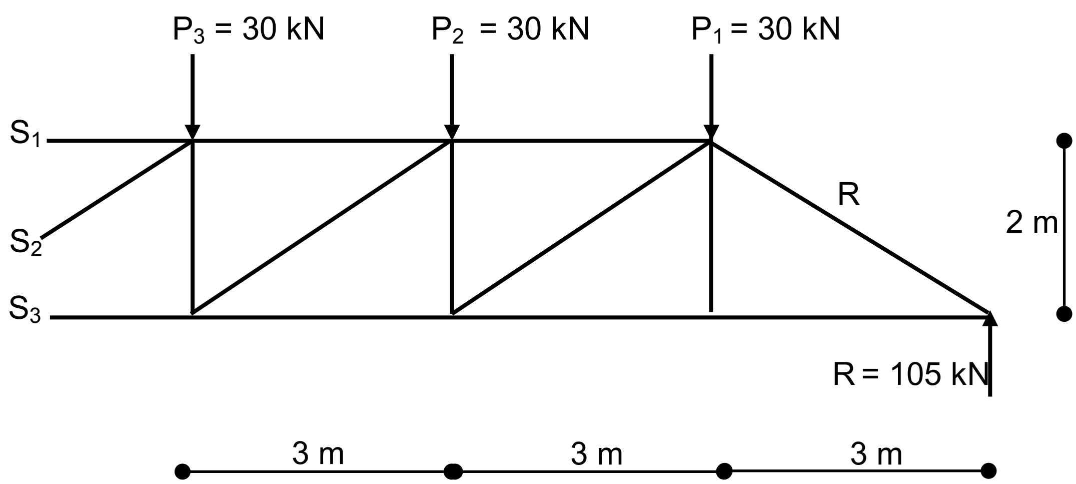
5. Hitung gaya batang S_1, S_2, dan S_3 agar seimbang dengan gaya luar (aksi) P_1, P_2, dan R baik secara grafis maupun analitis. (Nilai analitis 15 dan nilai grafis 15).



Gambar 60

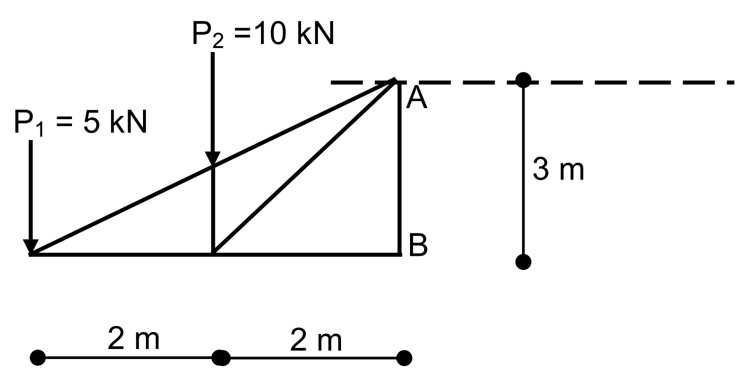
LEMBAR EVALUASI

1. Tentukan gaya batang S_1, S_2 dan S_3 agar seimbang dengan gaya luar P_1, P_2, P_3 dan R seperti gambar 53 dibawah ini baik secara grafis maupun analitis. (Nilai analitis 30 dan nilai grafis 30).



Gambar 61

2. Tentukan besar, arah dan garis kerja reaksi yang belum diketahui akibat adanya gaya aksi P_1 = 5 kN dan P_2 = 10 kN. Diketahui garis kerja reaksi di A adalah mendatar. (Nilai analitis 20 dan nilai grafis 20).



Gambar 62

KEGIATAN BELAJAR 5
PEMBEBANAN PADA KONSTRUKSI BANGUNAN

Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian dapat :

a. Mmengidentifikasi muatan-muatan/ beban sebagai gaya pada statika bangunan
b. Memahami beban yang bekerja pada konstruksi bangunan
c. Dapat menghitung beban pada konstruksi bangunan

5.1 Gaya luar

Gaya luar adalah muatan dan reaksi yang menciptakan kestabilan atau keseimbangan konstruksi. Muatan yang membebani suatu kontruksi akan dirambatkan oleh kontruksi ke dalam tanah melalui pondasi. Gaya-gaya dari tanah yang memberikan perlawanan terhadap gaya rambat tersebut dinamakan **reaksi**.

Muatan adalah beban yang membebani suatu konstruksi baik berupa berat kendaraan, kekuatan angin, dan berat angin. Muatan-muatan tersebut mempunyai besaran, arah, dan garis kerja, misalnya:

- Angin bekerja tegak lurus bidang yang menentangnya, dan diperhitungkan misalnya 40 kN/m^2, arahnya umum mendatar.
- Berat kendaraan, merupakan muatan titik yang mempunyai arah gaya tegak lurus bidang singgung roda, dengan besaran misalnya 5 tN.
- Daya air, bekerja tegak lurus dinding di mana ada air, besarnya daya air dihitung secara hidrostatis, makin dalam makin besar dayanya.

Dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai muatan yang bekerjanya tidak langsung pada konstruksi, seperti penutup atap ditumpu oleh gording dan tidak langsung pada kuda-kuda.

Pembebanan (*loading*) pada konstruksi bangunan sebenarnya telah diatur pada Peraturan Pembebanan Indonesia untuk gedung (PPIUG) tahun 1983 atau seperti yang tercantum dalam Pedoman Pembebanan Untuk Rumah dan Gedung 1987. Oleh karena itu supaya lebih mendalam diharapkan kalian membaca peraturan-peraturan tersebut, karena dalam uraian berikut hanya diambil sebagian saja.

5.2 Muatan atau beban

Muatan atau beban menurut sifatnya dibedakan sebagai berikut:

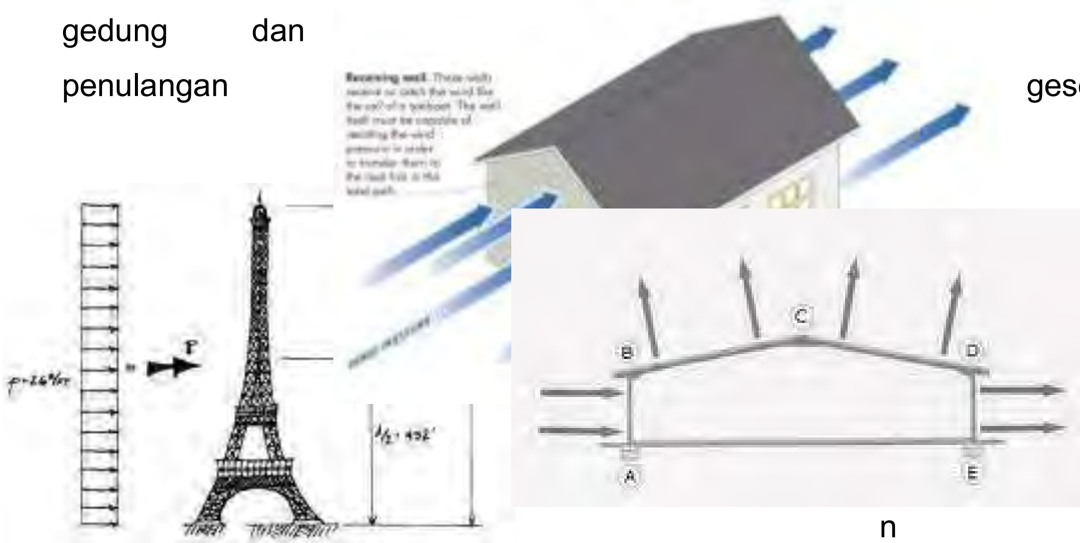
a. Beban mati : beban yang tetap berada di gedung dan tidak berubah-ubah (berat sendiri konstruksi dan bagian lain yang melekat):

- Beban balok
- Beban kolom
- Beban plat
- Beban dinding (tinggi x berat/m2) -> PPPURG -> 2,5 KN/m2 untuk susunan ½ bata

b. Beban hidup: beban yang berubah-ubah pada struktur dan tidak tetap. Termasuk beban berat manusia dan perabotnya atau beban menurut fungsinya:

- Ruang kantor
- Ruang pertunjukan
- Parkir

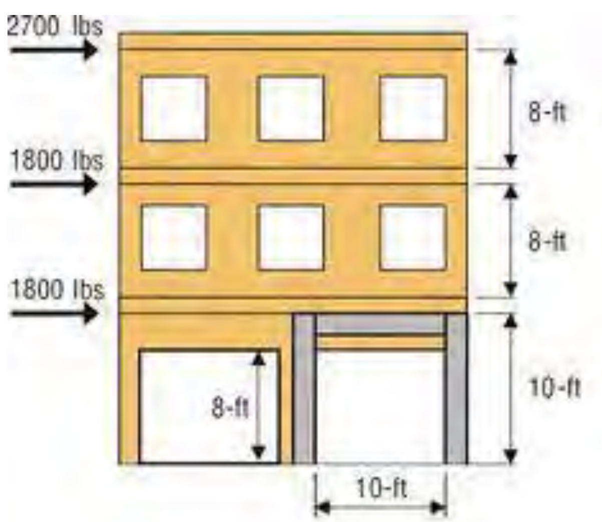
c. Beban angin (beban yang disebabkan oleh tekanan angin): beban yang bekerja horisontal / tegak lurus terhadap tinggi bangunan. Untuk gedung-gedung yang dianggap tinggi, angin harus diperhitungkan bebannya karena berpengaruh terhadap simpangan gedung dan penulangan geser

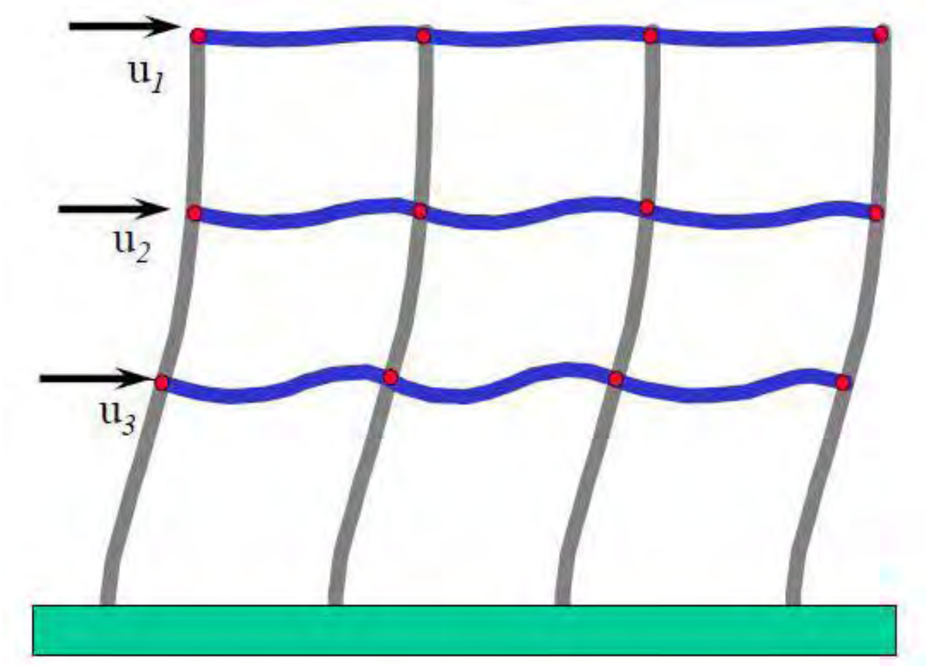


Gambar 63. Beban angin

d. Beban gempa (beban karena adanya gempa).

Untuk bangunan tinggi, beban gempa harus diterapkan sedemikian rupa sehingga bangunan harus mampu menahan gempa ulang 50 tahun.





Gambar 64. Beban gempa

e. Beban khusus (beban akibat selisih suhu, penurunan, susut dan sebagainya)

5.3 Ketentuan-ketentuan tentang pembebanan

1) Bangunan-bangunan harus diperhitungkan terhadap pembebanan-pembebanan oleh :

   Muatan mati dinyatakan dengan huruf M

   Muatan hidup dinyatakan dengan huruf H

   Muatan angin dinyatakan dengan huruf A

   Muatan gempa dinyatakan dengan huruf G

   Pengaruh-pengaruh khusus dinyatakan dengan huruf K

2) Kombinasi pembebanan harus ditinjau sebagai berikut :

   A. Kombinasi pembebanan tetap : M + H

   B. Kombinasi pembebanan sementara : M + H + A

   M + H +G

C. Kombinasi pembebanan khusus : M + H + K

M + H + A + K

M + H + G + K

Berikut ini contoh beberapa beban / muatan pada bahan bangunan :

1. Muatan mati

Bahan bangunan

Pasir (kering udara)	1600 kg/m^3
Pasir (jenuh air)	1800 kg/m^3
Beton	2200 kg/m^3
Beton bertulang	2400 kg/m^3

Konstruksi

Dinding pasangan batu bata untuk :

Satu batu 450 kg/m^3

Setengah batu 250 kg/m^3

Penutup atap genting dengan usuk, reng per m^2 bidang atap 50 kg/m^2

2. Muatan hidup

Atap bangunan :

Atap rata dengan kemiringan tidak lebih 1 : 20 dan pelat luifel tidak digenangi air, tidak datar 75/km^2.

Dalam perhitungan reng, usuk/kasa, gording/ gulung-gulung dan kuda-kuda untuk semua atap harus diperhitungkan satu muatan terpusat sebesar minimum 100 kg (berasal dari berat sedang pekerja).

Lantai bangunan :

Lantai & tangga rumah tinggal 200 kg/m^2

Lantai sekolah, ruang kuliah 250 kg/m^2

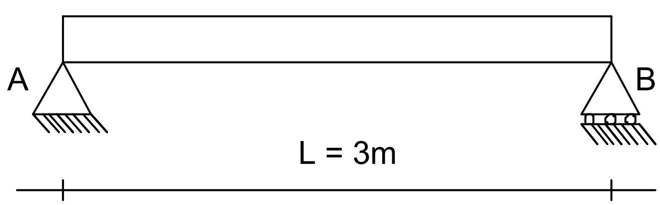
3. Muatan angin :

Tekanan tiup diambil minimum 23 kg/m2

Tekanan tiup di laut dan tepi laut sampai sejauh 5 km dari pantai, minimal 40 kg/m2

Contoh perhitungan beban :

1. Hitunglah berat seluruh balok beton bertulang dengan ukuran 20 cm + 30 cm panjang 3 m yang terletak di atas tumpuan sendi dan rel seperti gambar di bawah:



Jawaban :

Berat sendiri beton bertulang q = 2400 kg/m3 (daftar)

Berat seluruh balok beton bertulang = 0,20 m x 0,30 m x 3 m x 2400 kg/m^3 = 360 kg/m

2. Hitunglah berat sendiri balok beon bertulang dengan ukuran 30 cm x 50 cm.

Jawaban : berat sendiri balok = 0,30 m x 0,50 m x 240 kg/m^3 = 360 kg/m^3 , bila dikonversi ke dalam satuan internasional (SI) = 3600 N/m = 3,6 KN/m

Pada konstruksi bangunan, beban-beban yang diperhitungkan bukan hanya beban mati saja seperti yang telah diuraikan di atas, tetapi dikombinasikan dengan beban hidup yang disebut dengan pembebanan tetap, bahkan ada kombinasi yang lain seperti dengan beban angin menjadi beban sementara.

Contoh Soal :

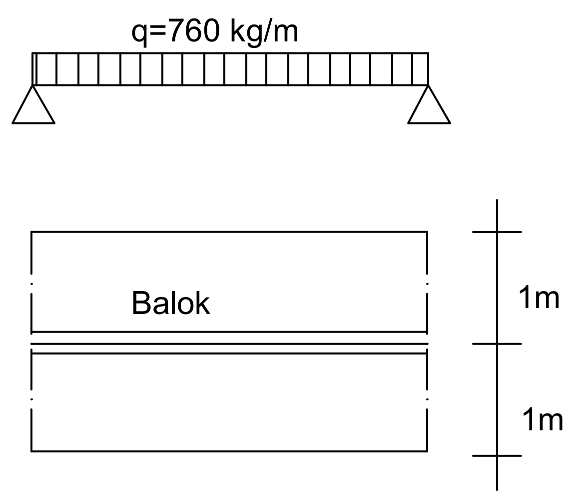
Hitunglah beban yang bekerja pada balok beton bertulang dengan ukuran 30 cm x 50 cm, bila balok tersebut digunakan untuk menyangga ruang rumah tinggal dengan luas lantai yang dipikul balok sebesar 2m tiap panjang balok. Catatan : beban lantai tidak dihitung.

Jawaban :

Beban akibat muatan hidup = 200 kg/m2 x 2 m = 400 kg/m

Berat sendiri balok = 0,30 m x 0,50 m x 2400 kg/m^3 = 360 kg/m

Maka beban tetap yang bekerja pada balok adalah : 400 kg/m + 360kg/m = 760kg/m



Muatan/ beban menurut bentuknya beban tersebut dapat diidealisasikan sebagai berikut:

a. beban terpusat

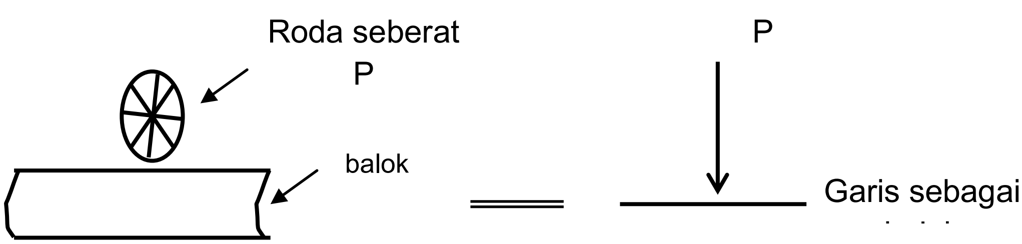
b. beban terbagi merata

c. beban tak merata (beban bentuk segitiga, trapesium dan sebagainya). Beban-beban ini membebani konstruksi (balok, kolom, rangka, batang dan sebagainya) yang juga diidealisasikan sebagai garis sejajar dengan sumbunya.

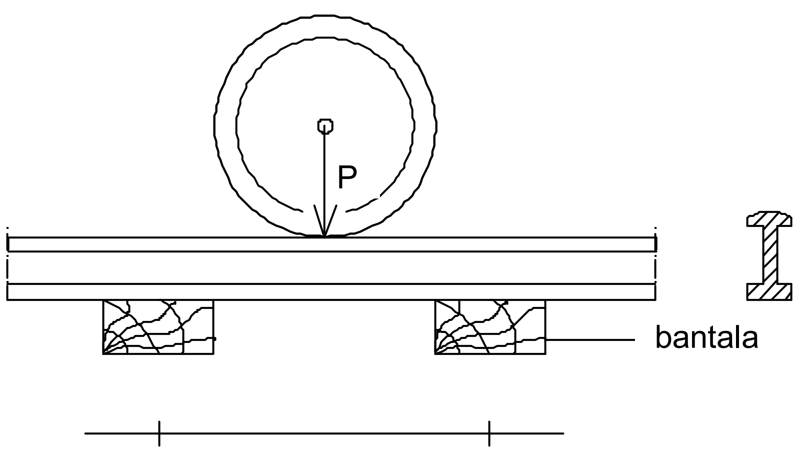
Beban terpusat adalah beban yang titik singgungnya sangat kecil yang dalam batas tertentu luas bidang singgung tersebut dapat diabaikan. Contoh:

- beban seseorang melalui kaki misalnya 60 kN,
- berat kolom pada pondasi misalnya 5000 kN,
- beban akibat tekanan roda mobil atau motor,
- pasangan tembok setengah batu di atas balok,
- beton ataupun baja dan sebagainya

Satuan beban ini dinyatakan dalam Newton atau turunannya kilonewton (kN). Lihat gambar 67.



Gambar 65 tekanan pada kereta api pada relnya atau tekanan ban mobil jalan.

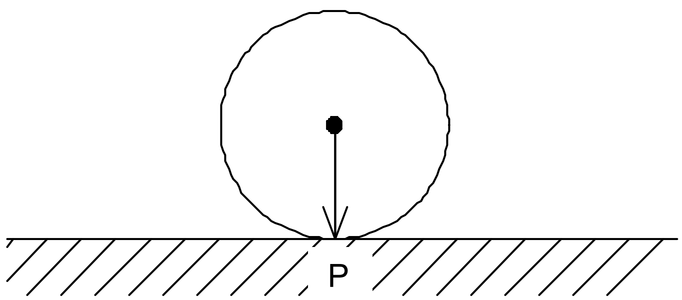


Gambar 66. Tekanan roda kereta api pada rel.

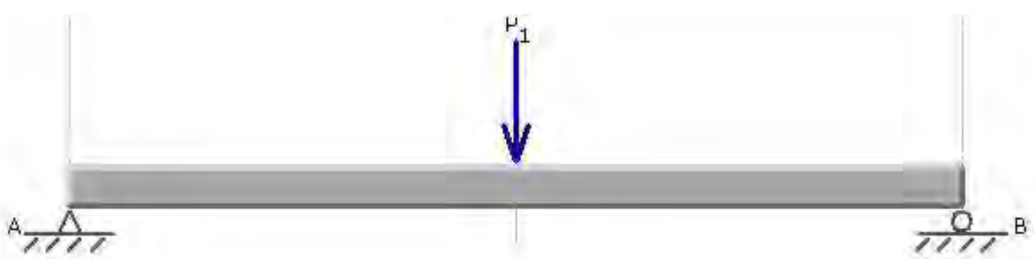




Gambar 67. Beban Kendaraan



Gambar 68. Tekanan ban mobil pada jalan raya.



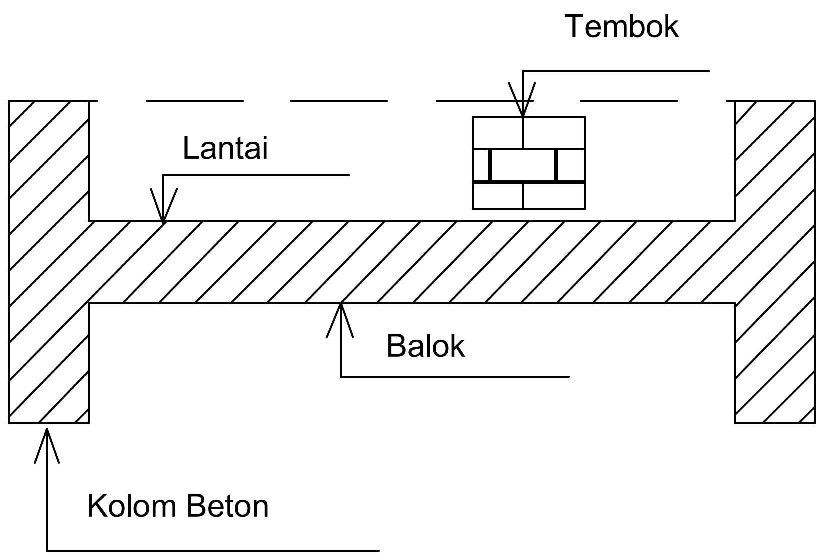
Gambar 69. Model Beban terpusat

Penulisan muatan/beban dan satuannya adalah : P = 200 kg

P = 5 ton

P = 10 KN dan seterusnya

Beban merata adalah beban yang bekerja menyentuh bidang konstruksi yang cukup luas yang tidak dapat diabaikan. Contoh : plat lantai, balok beton dan tekanan tembok pada balok beton. Beban ini dinyatakan dalam satuan Newton/meter persegi ataupun newton per meter atau yang sejenisnya lihat gambar 68.

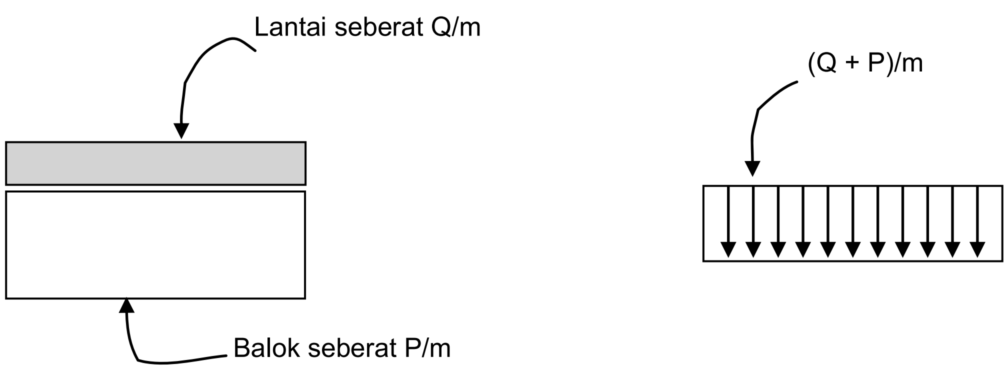


Penulisan muatan / beban dan seterusnya adalah :

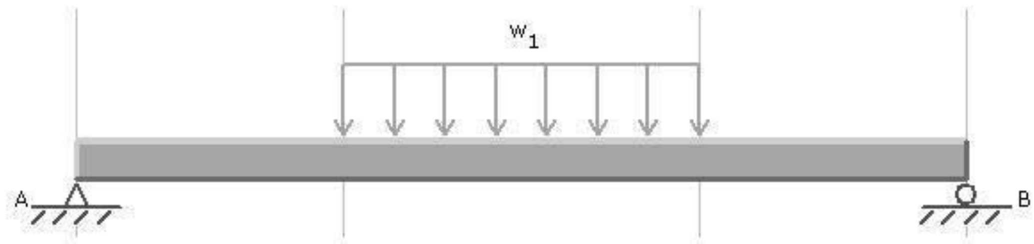
Untuk lantai q = 200 kg/m^2

Untuk balok q = 1 ton/m

q = 1 KN/m dan seterusnya

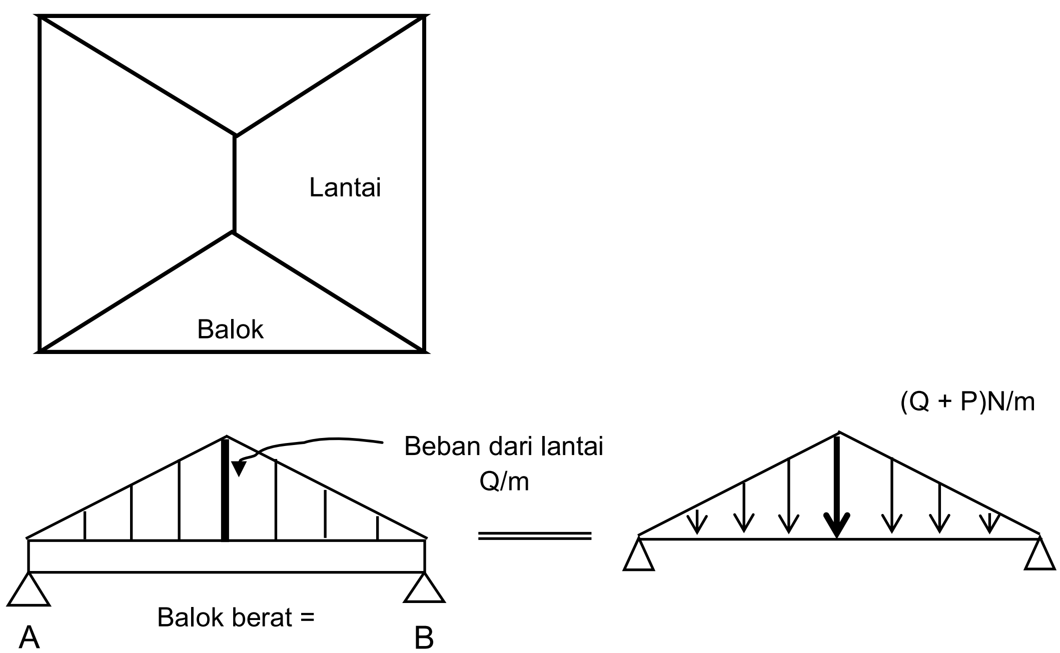


Gambar 70



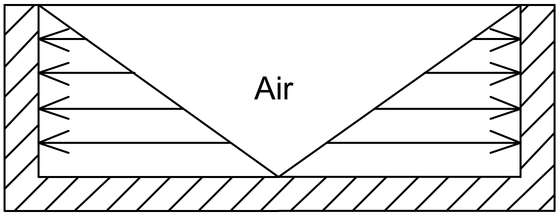
Gambar 71. Model Beban merata

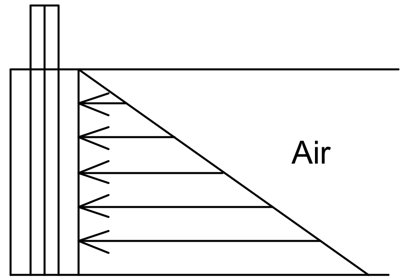
Muatan/ beban tidak merata adalah adalah muatan yang luas singgungnya merata tapi muatannya tidak terbagi rata. Beban tidak merata dapat berupa beban berbentuk segitiga baik satu sisi maupun dua sisi, berbentuk trapezium, dan sebagainya. Satuan beban ini dalam newton per meter pada bagian ban yang paling besar lihat gambar 73.



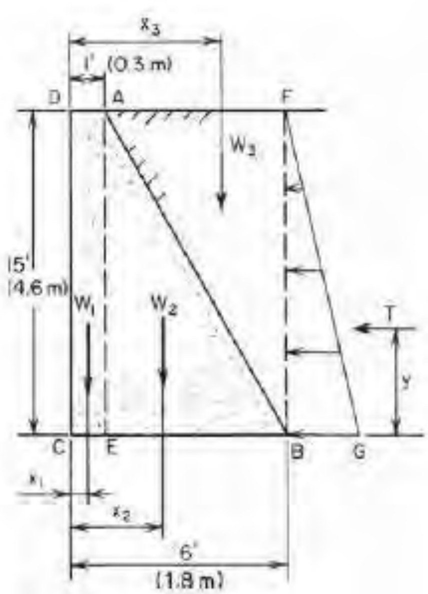
Gambar 72

Contoh : muatan/beban dari tekan air pada dinding bak air atau tekanan air pada pintu air.

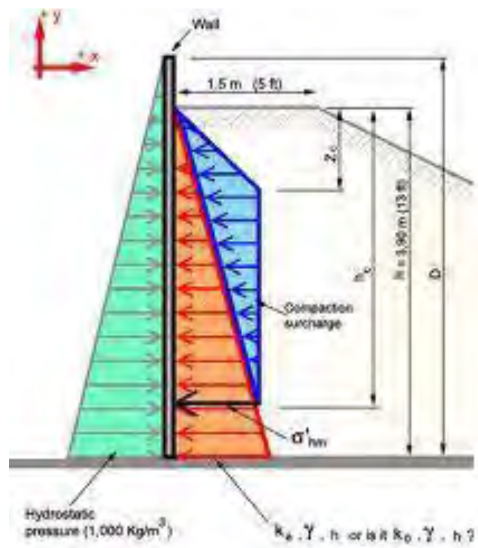




Tekanan air pada dinding bak atau pada pintu air tidak terbagi rata (merupakan tekanan segitiga) yang dimulai dari bagian atas kecil tak terhingga dan semakin ke bawah semakin besar.



Gambar 73. Tekanan aktif tanah



Gambar 74. Tekanan aktif tanah dan beban hidrostatis

Penulisan muatan / beban dan satuannya adalah :

$q = 2000 \text{ kg/m}^2$

$q = 2 \text{ ton/m}^2$

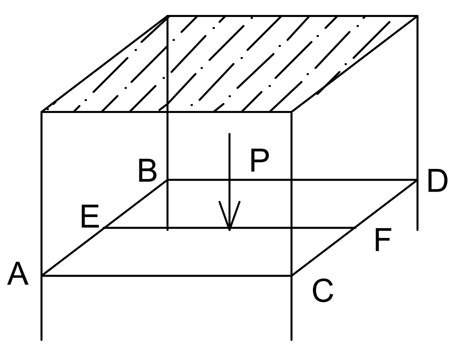
$q = 2 \text{ kn/m}^2$

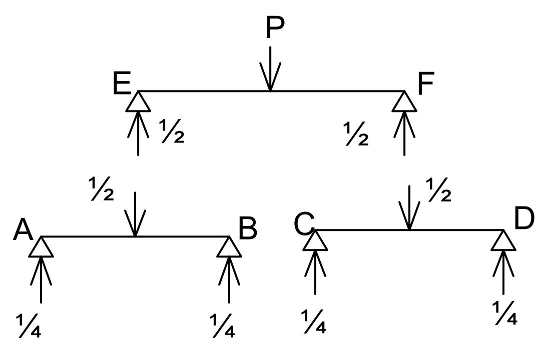
Muatan/beban menurut cara kerjanya dibedakan menjadi sebagai berikut :

1) Muatan/ beban langsung, yaitu suatu beban yang bekerja langsung pada suatu bagian konstruksi tanpa perantara konstruksi lain.
2) Muatan/ beban tak langsung, yaitu suatu beban yang bekerja dengan perantara konstruksi lain.

Contoh :

- Dalam kehidupan sehari-hari sering dijumpai muatan yang bekerjanya tidak langsung pada konstruksi, seperti penutup atap ditumpu oleh gording dan tidak langsung pada kuda-kuda.
- Rangka meja dari kayu/besi dengan beban P pada balok sandaran kaki EF seperti pada gambar berikut ini.





Gambar 75

P bekerja langsung pada balok EF

P bekerja tak langsung pada balok AB dan CD Penulisan muatan/beban satuannya adalah :

P = 200 kg atau P = 2000 N

Berikut ini beberapa beban bahan bangunan menurut PPIUG 1983 halaman 11. Baja beratnya 7850 kg/m^3, batu gunung beratnya 1500 kg/m^3, batu pecah beratnya 1450 kg/m^3, beton beratnya 2200 kg/m^3, beton bertulang beratnya 2400 kg/m^3, kayu kelas 1 beratnya 1000 kg/m^3 dan pasangan bata merah 1700 kg/m^3.

Contoh perhitungan beban :

Hitunglah beban yang bekerja pada balok beton bertulang ukuran 30 cm x 60 cm yang ditengah-tengahnya terdapat tembok pasangan setengah batu lebar 15 cm yang dipasang melintang dengan ukuran tinggi 3 m, panjang 4 m.

Jawaban :

Berat sendiri balok = 0.3 m x 0.6 m x 2400 kg/m^3

= 432 kg/m (kg/m gaya)

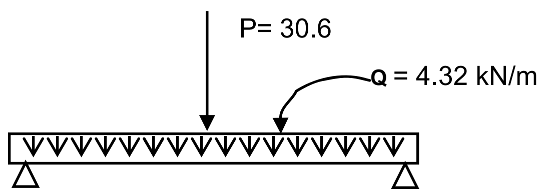
Gravitasi bumi = 10 kg/ms^2 maka beban menjadi 4320 N/m = 432 kN/m

Berat tembok sebagai beban terpusat sebesar :

= 0.15 m x 3 m x 4 m x 1700 kg/m^3

= 3060 kg (kg gaya) = 30600 N = 30.6 kN

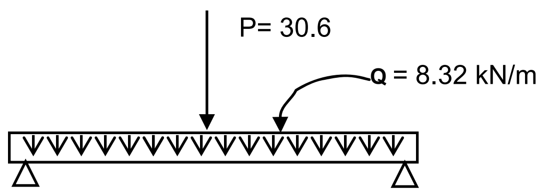
Secara visual dapat dilihat pada gambar 76.



Gambar 76

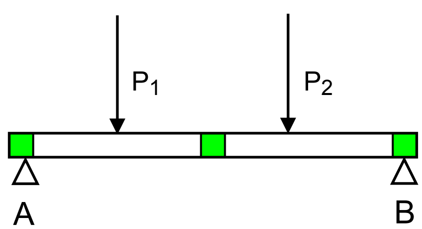
Pada konstruksi bangunan beban yang diperhitungkan bukan hanya beban mati seperti yang telah diuraikan di atas, tetapi dikombinasikan dengan beban hidup yang disebut dengan pembebanan tetap, bahkan ada kombinasi yang lain seperti dengan beban angin menjadi pembebanan sementara. Bila pada contoh di atas, balok digunakan untuk menyangga ruang rumah tinggal keluarga, maka menurut PPIUG halaman 17 besarnya beban hidup sebesar 200 kg/m^2. Bila luas lantai yang dipikul balok sebesar 2 m tiap panjang balok (dalam contoh di atas beban lantai tidak dihitung) maka beban karena beban hidup adalah 200 kg/m^2 x 2 m = 400 kg/m (kg gaya/m) = 4000 N/m = 4 kN/m. Dengan demikian beban tetap yang

bekerja pada balok adalah 4,32 + 4 = 8,32 kN/m yang secara visual dapat dilihat pada gambar 78.



Gambar 77

Dilihat dari persentuhan gaya dan yang dikenai gaya, beban dapat dibedakan sebagai beban langsung dan beban tidak langsung. Beban langsung adalah beban yang langsung mengenai benda, sedang beban tidak langsung adalah beban yang membebani benda dengan perantaraan benda lain (lihat gambar 78).

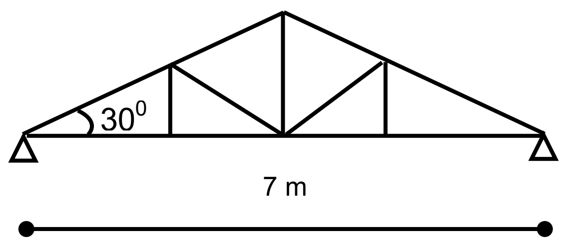


Gambar 78

Soal Latihan.

1. Hitunglah besarnya beban mati pada balok kayu kelas I ukuran 8 cm x 12 cm panjang 4 m yang dibebani oleh balok melintang ukuran 5 cm x 7 cm panjang 3 m pada setiap jarak 1 m di sepanjang balok memanjang. Kemudian gambarlah secara visual beban tersebut. (Nilai 20)
2. Bila balok kayu tersebut digunakan untuk menahan ruangan rumah tinggal yang sedikit penghuninya (beratnya 125 kg/m^2), berat lantai tidak dihitung. Hitunglah beban tetap pada balok tersebut berikut gambarnya. (Nilai 20)
3. Jelaskan beban dari berat sendiri bangunan yang diterima oleh tanah di bawah pondasi, kolom, balok dan kuda-kuda atap. (Nilai 30)

4. Hitunglah beban eternit termasuk penggantungnya yang membebani kuda-kuda seperti gambar 79. Jarak kuda-kuda 3 m, berat eternit dan penggantungnya menurut PPIUG 11 kg/m^2 (beban hanya pada titik buhul kuda-kuda). Gambarkan visualisasi gayanya. (Nilai 30)



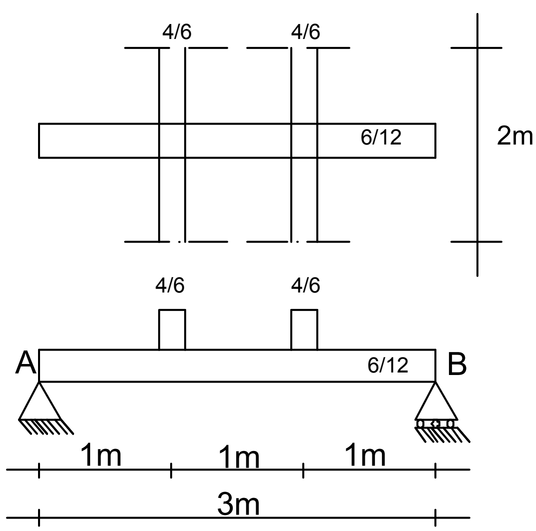
Gambar 79

Soal-soal Latihan

1. Apakah perbedaan antara muatan terpusat dengan muatan merata
2. Apakah perbedaan antara beban langsung dengan beban tak langsung
3. Apakah yang disebut dengan kombinasi pembebanan tetap.
4. Hitunglah beban tetap yang bekerja pada balok beton bertulang ukuran 40 cm x 60 cm, bila balok tersebut digunakan untuk menyangga ruang tempat sekolah dengan luas lantai yang dipikul balok sebesar 3 m tiga panjang balok (berat lantai diabaikan).
5. Hitunglah beban tetap yang bekerja pada balok beton bertulang ukuran 23 cm x 50 cm, bila balok tersebut digunakan untuk menyangga tembok setengah bata dengan tinggi 3 meter.

Soal-soal Evaluasi

1. Tuliskan macam-macam muatan/beban menurut sifatnya.
2. Tuliskan kombinasi yang harus dituinjau dalam perhitungan perencanaan.
3. Hitunglah besarnya beban mati pada balok kayu kelas I (Bj = 900 kg/m3) bila ukuran kayu 4 cm x 6 cm panjang 3 m yang dibebani oleh balok melintang 4 cm x 6 cm panjang 2 m pada segitiga jarak 1 m sepanjang balok (lihat gambar).



4. Tuliskan macam-macam jenis pembebanan berdasarkan bentuk pembebanan, berilah contohnya.

Petunjuk Penilaian

No	Aspek	Indikator	Skor maks	Skor Yang	Ket
1	Soal No.1	Terjawab benar	20		
2	Soal No.2	Terjawab benar	20		
3	Soal No.3	Terjawab	40		
Jumlah Skor Maksimal			100		
Syarat Skor Minimal Lulus			70		
Jumlah Skor Yang Dapat Dicapai					
Kesimpulan				LULUS / TIDAK	

KEGIATAN BELAJAR 6
KONSEP DASAR TUMPUAN, SFD, BMD, NFD

Tujuan Pembelajaran

Setelah mengikuti kegiatan belajar ini diharapkan kalian dapat :

a. Mengidentifikasi macam-macam tumpuan
b. Menghitung gaya reaksi pada macam-macam tumpuan
c. Mengidentifikasi jenis-jenis konstruksi
d. Mengidentikasi diagram gaya normal
e. Mengidentifikasi diagram gaya lintang
f. Mengidentifikasi diagram momen

6.1 Konsep Dasar Tumpuan

Tumpuan adalah tempat bersandarnya suatu konstruksi & tempat bekerjanya reaksi. Masing-masing mempunyai karakteristik berbeda.

1. Tumpuan bebas
2. Tumpuan sendi
3. Tumpuan rol
4. Tumpuan jepit
5. Tumpuan gesek
6. Tumpuan bidang datar
7. Tumpuan tali
8. Pendel
9. Tumpuan titik

Perletakan atau tumpuan adalah suatu konstruksi yang direncanakan untuk suatu keperluan tertentu. Tugas utama suatu konstruksi adalah mengumpulkan Untuk

melaksanakan tugasnya dengan baik maka konstruksi harus berdiri dengan kokoh. Rosenthal menyatakan bahwa semua beban diteruskan ke bumi melalui sesingkat-singkatnya.

Kondisi yang harus dipertimbangkan

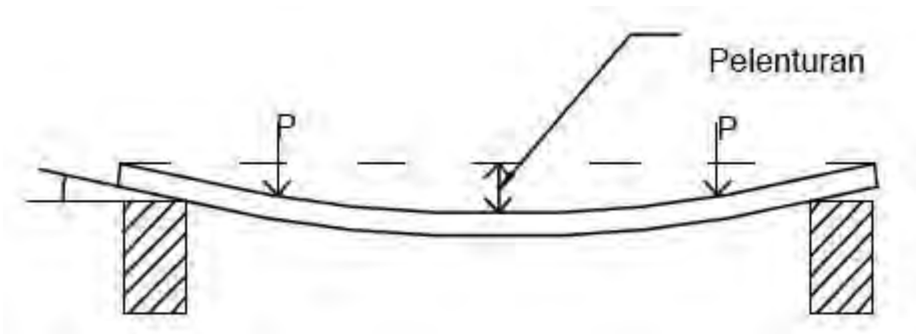
Pertama yang harus dipertimbangkan adalah stabilitas konstruksi. Suatu konstruksi akan stabil bila konstruksi diletakkan di atas pondasi yang baik. Pondasi akan melawan gaya aksi yang diakibatkan oleh muatan yang diteruskan oleh konstruksi kepada pondasi. Gaya lawan yang ditimbulkan pada pondasi disebut: *Reaksi.* Dalam kasus ini pondasi digambarkan sebagai **perletakan.** Berikut ini diuraikan tiga jenis perletakan yang merupakan jenis perletakan yang umum digunakan. Yaitu perletakan yang dapat menahan momen, gaya vertikal dan gaya horizontal.dan ada maca-macam perletakan yang perlu dipahami yaitu:

- Perletakan sendi, yaitu perletakan terdiri dari poros dan lubang sendi. Pada perletakan demikian dianggap sendinya licin sempurna, sehingga gaya singgung antara poros dan sendi tetap normal terhadap bidang singgung, dan arah gaya ini akan melalui pusat poros.
- Perletakan geser, yaitu perletakan yang selalu memiliki lubang sendi. Apabila poros ini licin sempurna maka poros ini hanya dapat meneruskan gaya yang tegak lurus bidang singgung di mana poros ini diletakkan.
- Perletakan pendel, yaitu suatu perletakan yang titik tangkap dan garis kerjanya diketahui.
- Perletakan jepit, perletakan ini seolah-olah dibuat dari balok yang ditanamkan pada perletakannya, demikian sehingga mampu menahan gaya-gaya maupun momen dan bahkan dapat menahan torsi.

Untuk lebih jelasnya, berikut dijelaskan masing-masing karakteristik tumpuan pada bidang mekanika teknik atau analisis struktur.

Ada beberapa jenis tumpuan, yaitu:

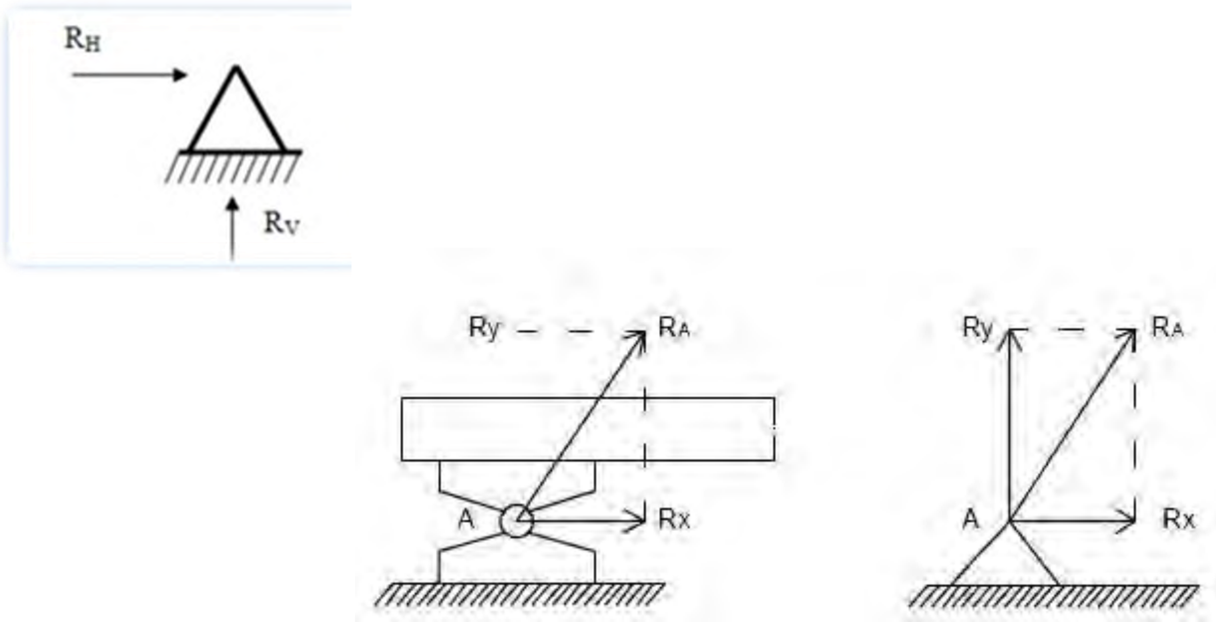
1. Tumpuan bebas, terjadi apabila kedua ujung balok dapat berputar secara bebas. Akibat pelenturan pada balok akan terjadi putaran sudut pada ujung balok dan apabila terjadi pelenturan maka panjang batang mendatar akan berkurang.



Apabila beban P dihilangkan maka kedudukan balok kembali pada semula (lurus), tetapi kedudukan ujung balok dapat bergeser.

Untuk menghindari bergeser/berpindahnya tumpuan akibat pelenturan maka kedua ujung batang diberi tumpuan rol dan engsel sehingga pada kedua tumpuan balok dapat bergerak bebas tetapi tidak terjadi penggeseran/perpindahan tumpuan.

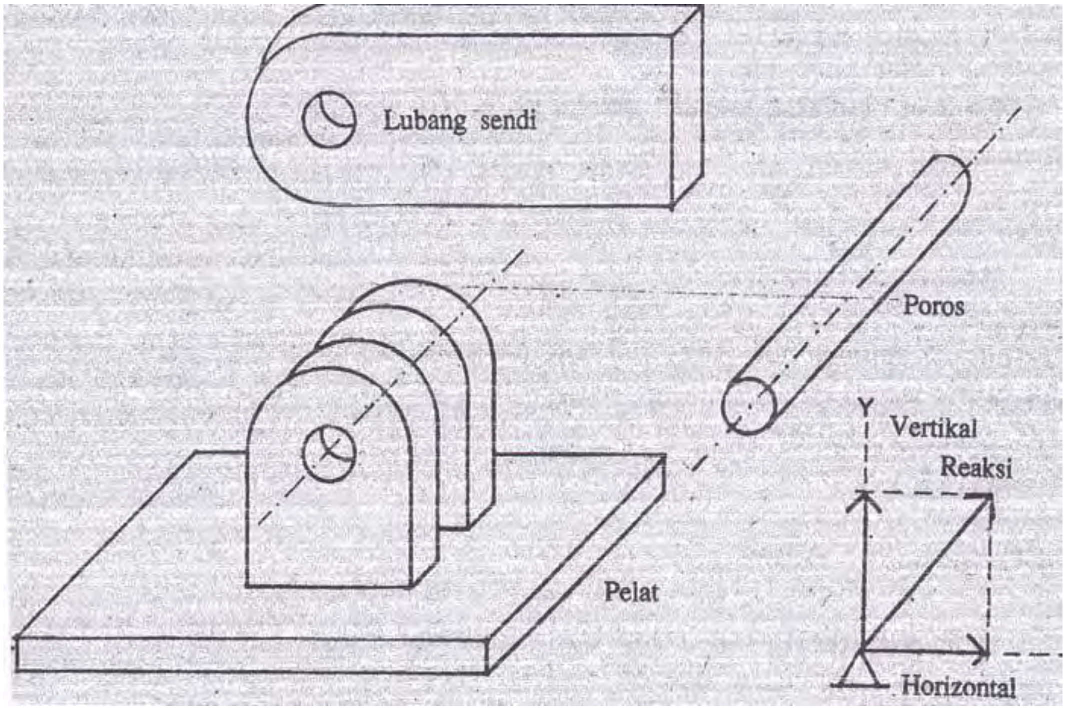
2. Tumpuan sendi/ engsel, yaitu tumpuan yang dapat menahan gaya yang searah dan gaya yang tegak lurus dengan bidang perletakan atau tumpuan, tetapi tidak dapat menahan momen. Engsel merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal dan gaya reaksi horisontal. Tumpuan yang berpasak mampu melawan gaya yang bekerja dalam setiap arah dari bidang. Jadi pada umumnya reaksi pada suatu tumpuan seperti ini mempunyai dua komponen yang satu dalam arah horisontal dan yang lainnya dalam arah vertikal. Tidak seperti pada perbandingan tumpuan rol atau penghubung, maka perbandingan antara komponen-komponen reaksi pada tumpuan yang terpasak tidaklah tetap. Untuk menentukan kedua komponen ini, dua buah komponen statika harus digunakan



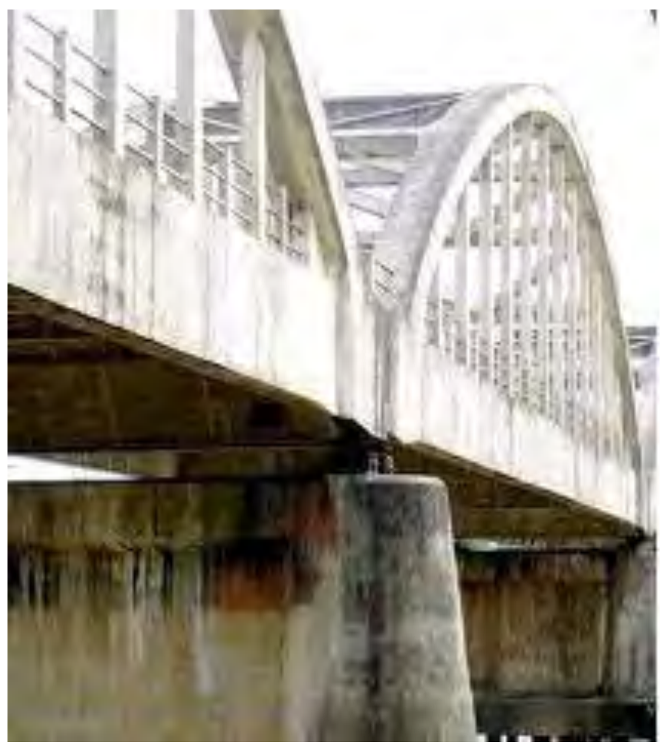
Gambar 80. Pemodelan tumpuan sendi

Contoh tumpuan sendi:





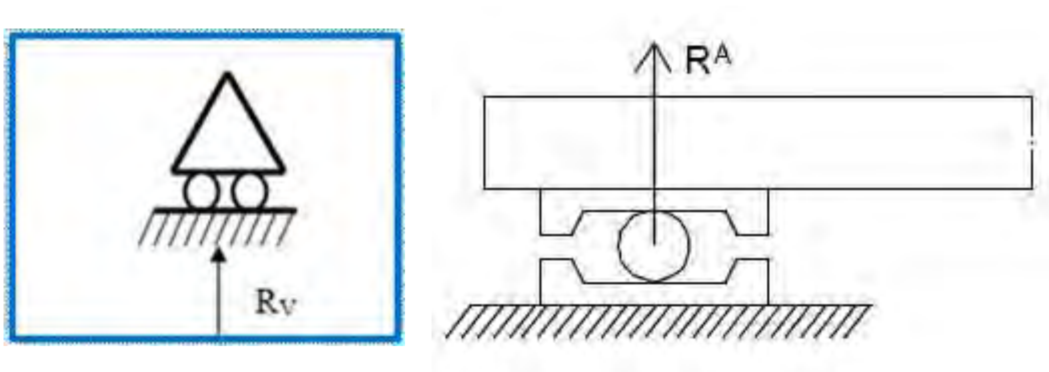




Gambar 81. Aplikasi tumpuan sendi pada struktur jembatan

Tumpuan rol, tumpuan yang hanya bisa menahan gaya yang tegak lurus terhadap bidang tumpuannya, tidak bisa menahan gaya yang sejajar dan momen.

Rol merupakan tumpuan yang hanyadapat menerima gaya reaksi vertikal. Alat ini mampu melawan gaya-gaya dalam suatu garis aksi yang spesifik. Penghubung yang terlihat pada gambar dibawah ini dapat melawan gaya hanya dalam arah AB rol. Pada gambar dibawah hanya dapat melawan beban vertikal. Sedang rol-rol hanya dapat melawan suatu tegak lurus pada bidang.



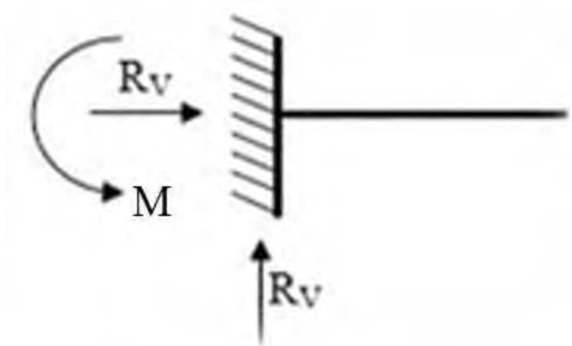
Gambar 82. Pemodelan tumpuan rol



Gambar 83. Aplikasi tumpuan rol pada struktur atas jembatan

3. Tumpuan jepit, tumpuan yang dapat menahan gaya yang tegak lurus dan searah bidang tumpuan, juga gaya momen.

   Jepit merupakan tumpuan yang dapat menerima gaya reaksi vertikal, gaya reaksi horizontal dan momen akibat jepitan dua penampang. Tumpuan jepit ini mampu melawan gaya dalam setiap arah dan juga mampu melawan suaut kopel atau momen. Secara fisik,tumpuan ini diperoleh dengan membangun sebuah balok ke dalam suatu dinding batu bata. Mengecornya ke dalam beton atau mengelas ke dalam bangunan utama. Suatu komponen gaya dan sebuah momen.



Gambar 84. Pemodelan tumpuan jepit



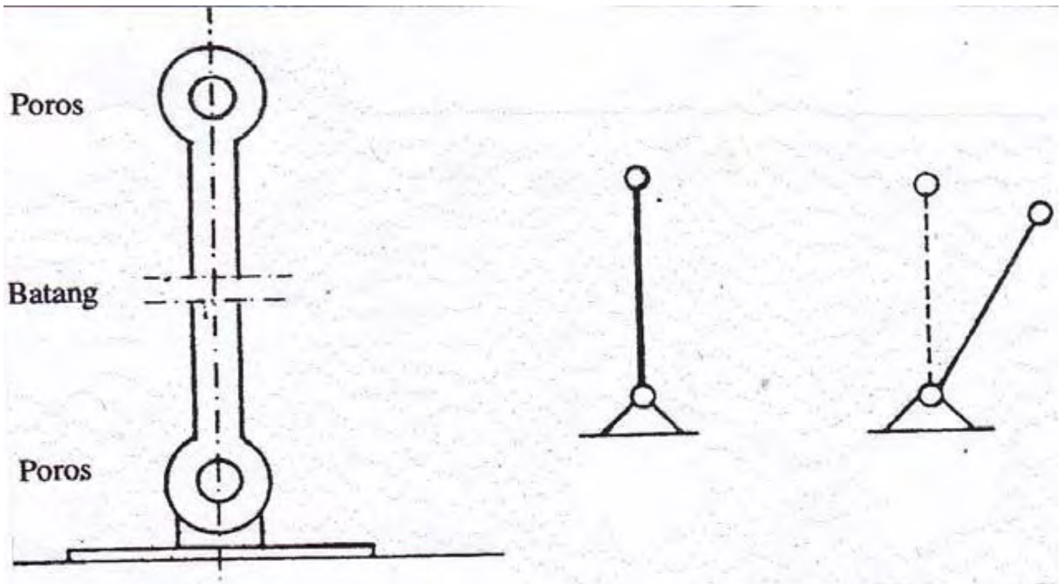
http://myjihadsoul.wordpress.com/2011/07/24/mekanika-rekayasa-pendahuluan/



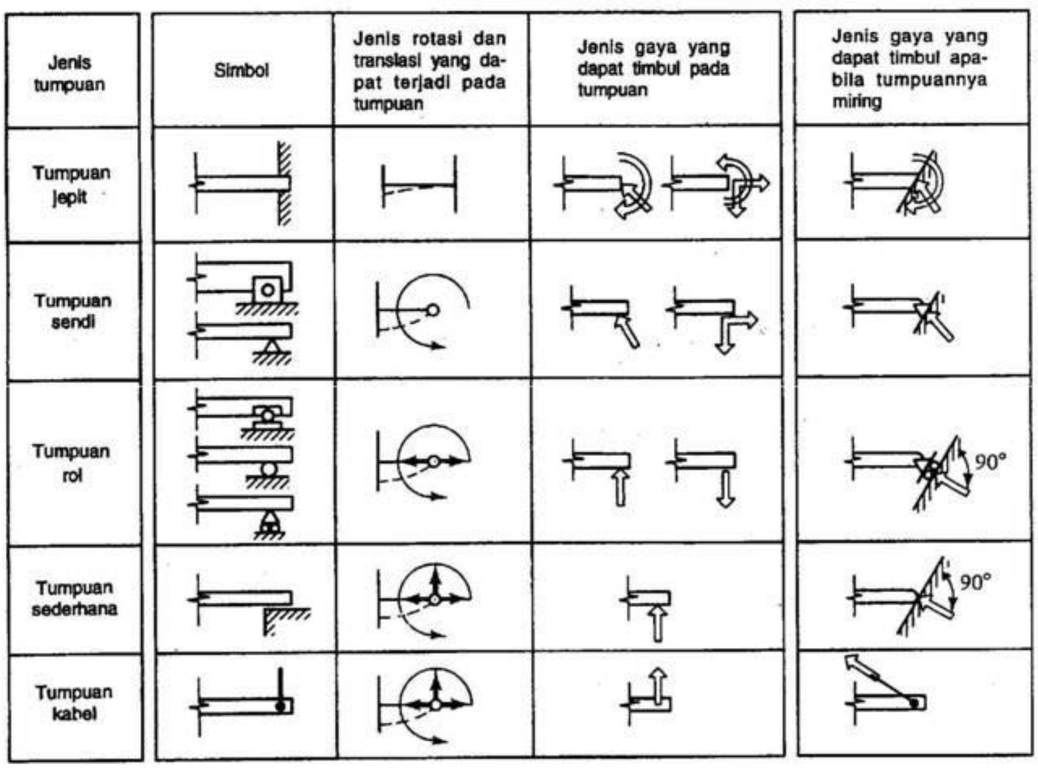


Gambar 85. Aplikasi jepit sempurna pada bangunan gedung berlantai banyak

4. *Perletakan pendel*, mempunyai sifat sama dengan perletakan rol (geser), yaitu suatu perletakan yang titik tangkap dan garis kerjanya diketahui. Perletakan ini dapat meneruskan gaya melalui sumbu tiang yang bekerja melalui pusat kedua poros pada kedua ujungnya, hanya dapat memberikan satu reaksi yang menangkap pada titik tertentu, dan mempunyai satu arah tertentu pula, bentuknya dapat diperlihatkan pada Gambar 77.



Gambar 86. Perletakan Pendel



Reaksi perletakan itu merupakan gaya-gaya yang keluar (reaksi) akibat gaya yang dibebankan (aksi). Gaya-gaya tersebut yaitu:

- Gaya Vertikal, disimbolkan dengan V

- Gaya Horisontal, disimbolkan dengan H
- Momen, disimbolkan dengan M

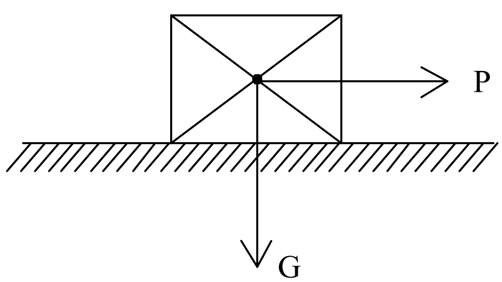
Simbol jangan terlalu dipermasalahkan. Tapi menurut kebiasaan gaya-gaya tersebut disimbolkan demikian.

6.2 Menghitung Reaksi Tumpuan pada Konstruksi Statika

a. Menghitung gaya reaksi pada tumpuan bidang datar

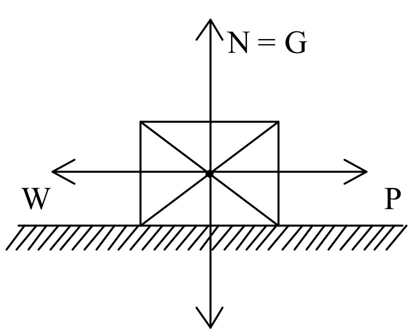
Contoh 1 :

Suatu benda terletak pada bidang datar yang kasar dengan koefisien gesek f = 0,2. Berat benda a=1000 kg, gaya P bekerja pada benda tersebut dengan arah horizontal (lihat gambar).



Hitunglah gaya P bila benda pada saat akan bergerak.

Penyelesaian :



G = 1000 kg

V=0 H=0

N-G=0 P-W=0

N-1000kg=0 P-f.N=0

N=1000kg P-0,2.1000kg=0

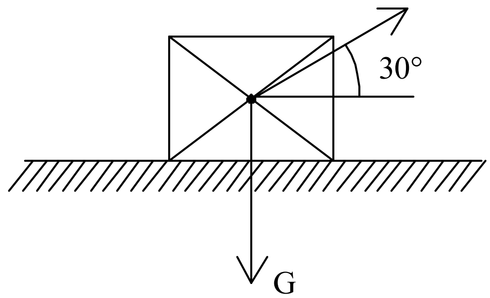
P-200kg=0

P=200kg

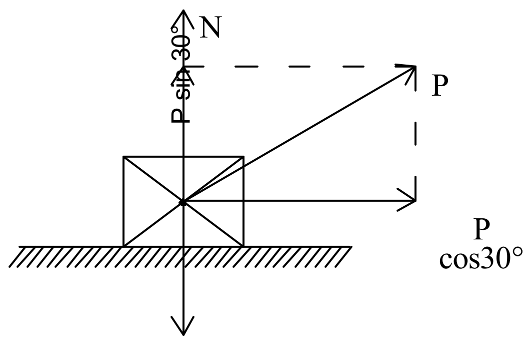
Jadi besar gaya P=200kg

Contoh 2 :

Suatu benda terletak pada bidang datar yang kasar dengan koefisien gesek f=0,2. Berat benda 1000kg, gaya P bekerja pada benda tersebut dengan arah kerja membentuk sudut sebesar 30^{o} terhadap bidang datar (lihat gambar)



Penyelesaian :



G = 1000 kg

V=0

N+Psin30^{O}-G=0

N+P.0,5-1000kg=0

N=1000kg-0,5P

H=0

Pcos30^{O}-W=0

P.0,866-fN=0

P.0,866-0,2(1000kg-0,5P)=0

0,866P-200kg+0,1P=0

0,966P-200kg

0,966P=200kg

$$P = \frac{200kg}{0,966}$$

P= 207,04 kg

b. Menghitung gaya reaksi pada tumpuan jepitan

1. Menghitung gaya reaksi pada tumpuan jepitan akibat beban terpusat sebuah gelagar panjang l ditumpu jepitan pada A dan pada ujung B bekerja beban terpusat P. Pada tumpuan jepitan A terdapat tiga gaya reaksi yang tidak diketahui besarnya. Gaya reaksi dapat ditentukan dengan syarat-syarat keseimbangan yaitu H=0, V=0 dan M=0.

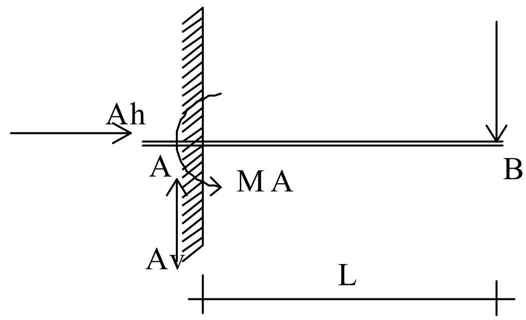


Diagram gaya luar yang bekerja maka besar gaya reaksi tumpuannya adalah :

H=0; Ah=0

VV=0;AV-P=0

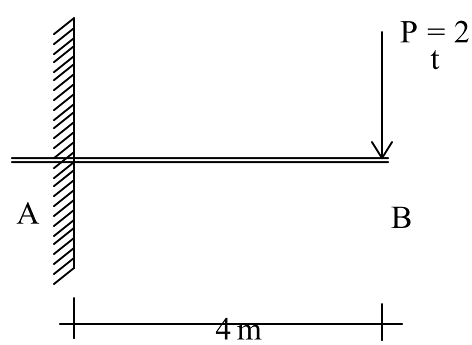
AV=P

MA=0; MA+P.l=0

MA=-P.l.

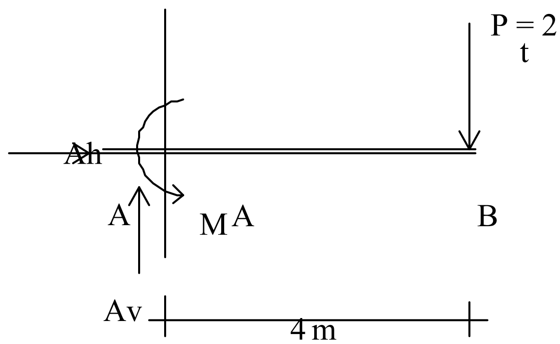
Contoh 1:

Sebuah gelagar dijepit sempurna di A (B= ujung bebas), padanya sebuah beban terpusat P=2 ton di titik B.



Hitunglah besar gaya reaksi pada tumpuan A bila diketahui panjang gelagar AB=4m.

Penyelesaian :



H=0; Ah-0=0

Ah=0

V=0;AV-P=0

AV-2t=0

AV=2t

MA=0; MA+P.4m=0

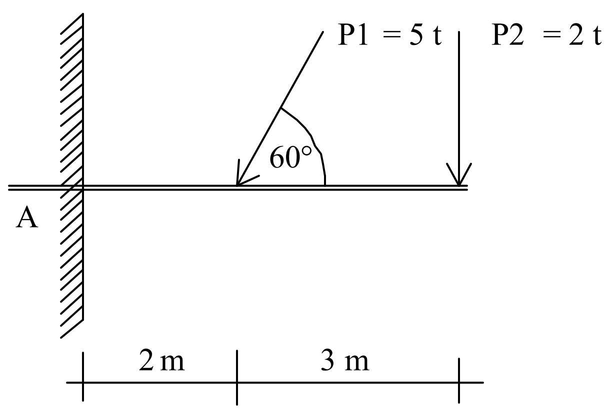
MA+2t.4m=0

MA+8tm=0

MA=-8tm

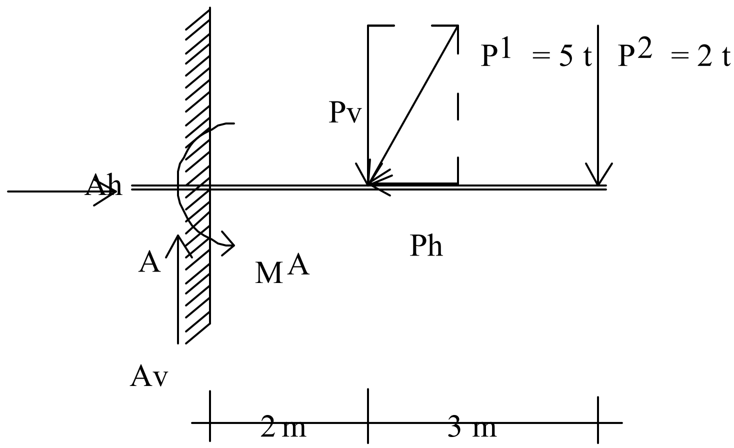
Contoh 2 :

Sebuah gelagar panjang 5 m ditumpu jepit di A dan ujung lainnya bebas, padanya bekerja dua buah gaya yaituP1= 5 ton dan P2=2 ton seperti pada gambar.



Hitunglah besar gaya-gaya reaksi pada tumpuan

Penyelesaian :



$Pv = P1 \sin 60^{o}$

$= 5t . 0,866$

$= 4,33t$

$Ph = P1 \cos 60^{o}$

$= 5t.0,5$

$= 2,5t$

Besarnya reaksi tumpuan :

H=0;Ah-Ph=0

Ah-2,5t=0

Ah=2,5t

V=0;AV-PV-P2=0

AV-4,33t-2t=0

AV-6,33t=0

AV=6,33t

MA=0;MA+PV.2m+P2.5m=0

MA+4,33t.2m+2t.5m=0

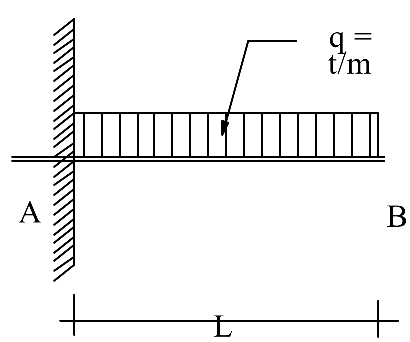
MA+8,66m+10tm=0

MA+18,66tm=0

MA=-18,66tm

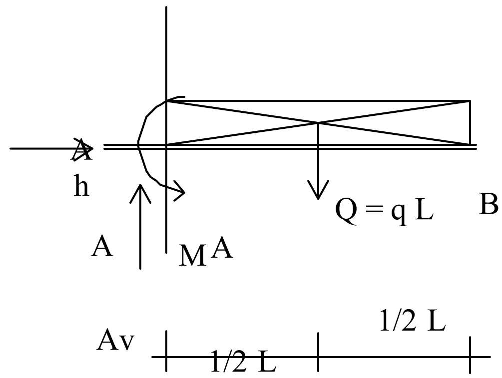
2. Menghitung gaya reaksi pada tumpuan jepitan akibat beban merata

Sebuah gelagar panjang l ditumpu jepitan pada A dan pada ujung B bebas, padanya bekerja muatan merata penuh sebesar q t/m.



Untuk menghitung reaksi tumpuan, maka muatan merata q t/m sepanjang l diganti dengan sebuah muatan terpusat Q. Besar Q = q.l. Untuk memudahkan dalam

menghitung reaksi-reaksi tumpuannya, dapat dibuat gambar diagram gaya luar sebagai berikut :



H=0; Ah=0

V=0; AV-Q=0

AV-q.l=0

AV=q.l

MA=0;MA+Q.1/2.l =0

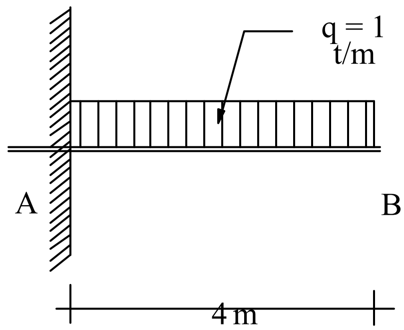
MA+q.l.1/2.l=0

$MA+1/2q.l^2=0$

$MA=-1/2q.l^2$

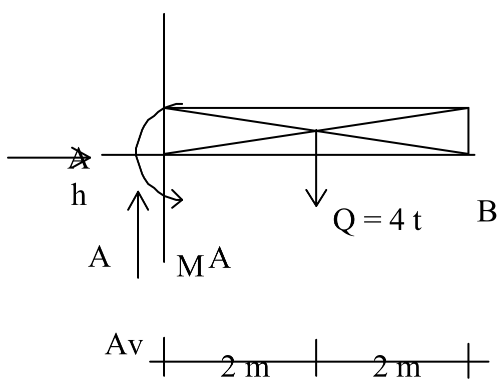
Contoh 1:

Sebuah gelagar dijepit sempurna di A (B=ujung bebas), padanya bekerja muatan terbagi rata sebesar q=1 t/m. (lihat gambar)



Hitunglah besar gaya reaksi pada tumpuan A bila diketahui panjang gelagar AB=4m

Penyelesaian :



Besar Q=q.l

=1 t/m.4m

=4t

Besar reaksi tumpuannya sebagai berikut :

H=0; Ah=0

V=0;Av-Q=0

AV-4t=0

AV=4t

MA=0;MA+Q.2m=0

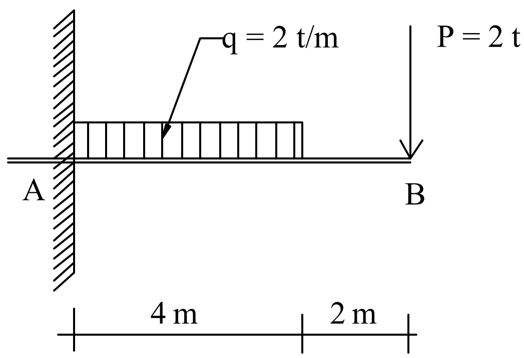
MA+4t.2m=0

MA+8tm=0

MA=-8tm

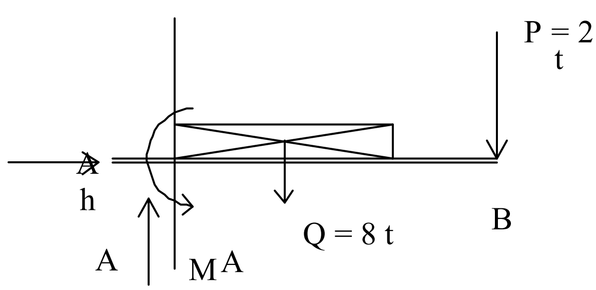
Contoh 2.

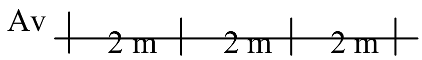
Sebuah gelagar dijepit sempurna di A (B=ujung bebas), padanya bekerja muatan terbagi rata sebesar q=2t/m dan muatan terpusat P=2t (lihat gambar).



Hitunglah besar gaya-gaya reaksi pada tumpuan A bila diketahui panjang balokAB=6m.

Penyelesaian :





Besar Q=q.l"

=2t/m.4m

=8t

Besar reaksi tumpuannya sebagai berikut :

H=0;Ah=0

V=0;AV-Q-P=0

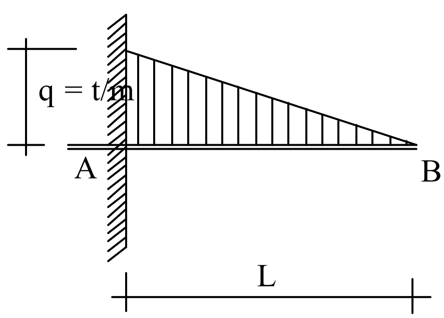
AV-10t=0

AV=10t

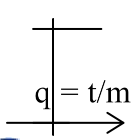
MA=0;MA+Q.2m+P.6m=0

MA+8t.2m+2m.6m=0
MA+16tm+12tm=0
MA+28tm=0
MA=-28tm.

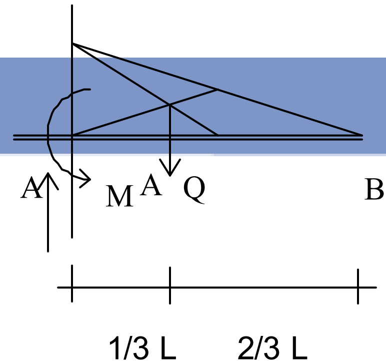
3. Menghitung gaya reaksi pada tumpuan jepitan akibat beban terbagi tidak merata
   Sebuah gelagar panjang l ditumpu jepit pada A dan ujung B bebas, padanya bekerja muatan/beban terbagi tidak merata q t/m.



Untuk menghitung reaksi tumpaun maka muatan terbagi tidak merata sepanjang l diganti dengan sebuah muatan terpusat Q. Besar Q=1/2 q.l.
Diagram gaya luarnya :



Ah



H=0;Ah=0

V=0;AV-Q=0

AV-1/2q.l=0

AV=1/2q.l

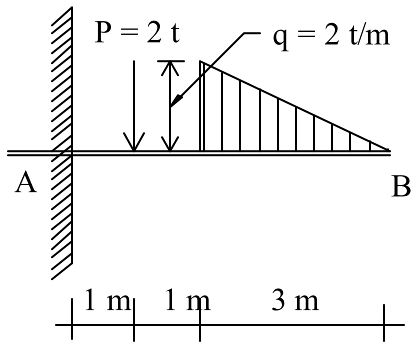
MA=0;MA+Q.1/3l=0

MA+1/2q.l.1/3l=0

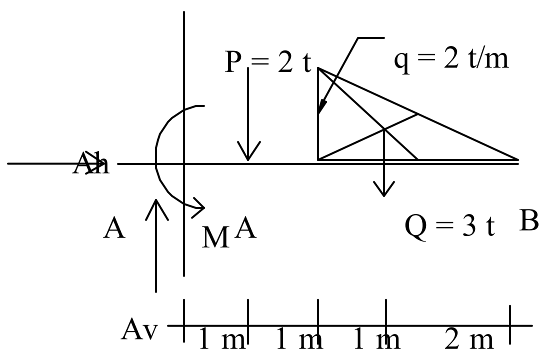
$MA=-1/6q.l.^2$

Contoh 1 :

Sebuah gelagar dijepit sempurna di A(B=ujung bebas), padanya bekerja muatan terbagi tidak merata sebesar q=2t/m dan sebuah muatan terpusat P=2t. (lihat gambar). Hitung besar gaya reaksi tumpuannya bila diketahui panjang balok 5m.



Penyelesaian :



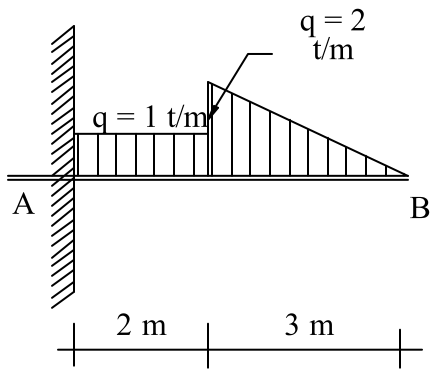
Besar Q=1/2q.l
=1/2.2t/m.3m
=3t

Besar reaksi tumpuannya sebagai berikut :

H=0;Ah=0
V=0;AV-P-Q=0
AV-2t-3t=0
AV-5t=0
AV=5t
MA=0;MA+P.1m+Q.3m=0
MA+2t.1m+3t.3m=0
MA+2tm+9tm=0
MA+11tm=0
MA=-11tm

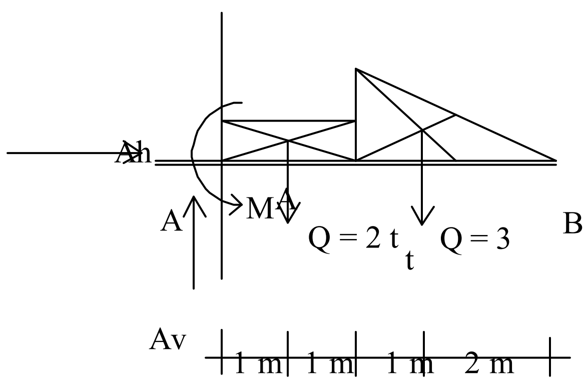
Contoh 2 :

Sebuah gelagar dijepit sempurna di A (B=ujung bebas), padanya bekerja muatan terbagi rata q=1t/m dan muatan terbagi tidak merata q=2t/m (lihat gambar).



Hitunglah besar gaya reaksi tumpuannya bila diketahui panjang balok AB=5m.

Penyelesaian :



Besar Q1=q1.l’
=1t/m.2m
=2t

Q2=1/2.q2.l”
=1/2.2t/m.3m
=3t

Besar gaya reaksi tumpuan sebagai berikut :

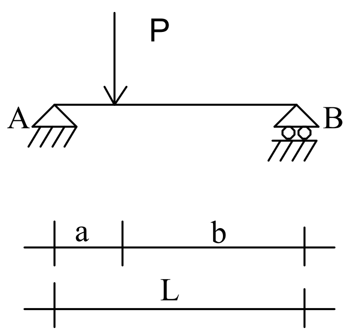
H=0;Ah=0
V=0;AV-Q1-Q2=0
AV-2t-3t=0
AV-5t=0
AV=5t
MA=0;MA+Q1.1m+Q2.3m=0
MA+2t.1m+3t.3m=0
MA+2tm+9tm=0

MA+11tm=0
MA=-11tm.

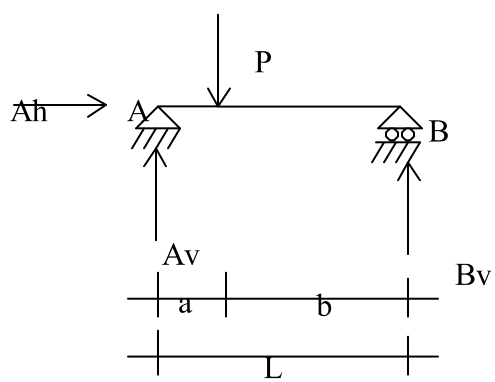
c. Menghitung gaya reaksi pada tumpuan sendi dan rol

1. Menghitung gaya reaksi pada gelagar di atas tumpuan sendi dan rol dengan beban terpusat P.

   Sebuah gelagar AB panjang l terletak di atas tumpuan sendi A dan rol B mendapat beban terpusat P seperti pada gambar.



Untuk menghitung reaksi tumpuan digunakan tiga syarat keseimbangan yaitu H=0, V=0 dan M=0.
Untuk memudahkan dalam membuat persamaan yang dibentuk dari ketiga syarat keseimbangan tersebut dibuat dulu gambar diagram gaya luar.



H=0; Ah=0
V=0; AV+BV-P=0
AV+BV=P

MA=0
+P.a-BV.l=0

MB=0
+AV.l-P.b=0

$-BV.l = -P.a$ $\quad$ $AV.l = P.b$

$BV = \frac{-P.a}{-l}$ $\quad$ $AV = \frac{P.b}{l}$

$BV = \frac{P.a}{l}$

Untuk mengontrol hasil perhitungan apakah AV dan BV tersebut benar/tidak, dapat digunakan syarat keseimbangan, V=0 yaitu sebagai berikut :

Kontrol : V=0

$AV+BV=P$

$\frac{P.b}{l} + \frac{P.a}{l} = P$

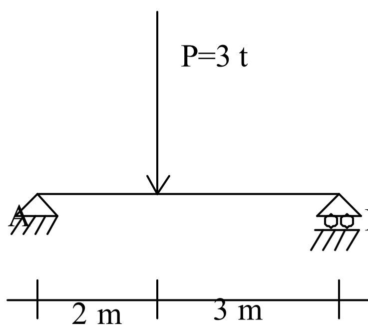
$P \, \frac{(a+b)}{l} = P$

$P=P$

$P-P=0$ (cocok)

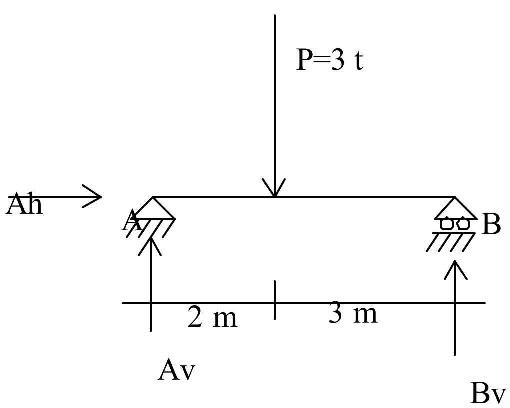
Contoh 1:

Sebuah gelagar AB panjang 5m di mana A ditumpu sendi dan B ditumpu rol, padanya bekerja muatan terpusat P=3 ton (lihat gambar).



Hitung besar gaya reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :



H=0;Ah=0

V=0;AV+BV-P=0
AV+BV-3t=0
AV+BV=3t

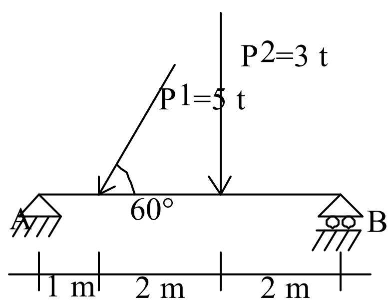
MA=0
P.2m-BV.5m=0
3t.2m-BV.5m=0
6tm-BV.5m=0
-BV.5m=-6tm
BV= $\frac{-6tm}{-5m}$
BV=1,2t

MB=0
AV.5m-P.3m=0
AV.5m-3t.3m=0
AV.5m-9tm=0
AV.5m=9tm
AV= $\frac{9tm}{5m}$
AV=1,8t

Kontrol : V=0
AV+BV=3t
1,8t+1,2t=5t
3t =3t
3t-3t=0 (cocok)

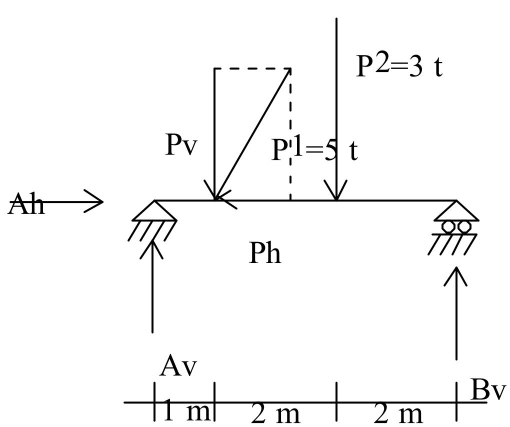
Contoh 2 :

Sebuah gelagar AB panjang 5 m di mana A ditumpu sendi dan B di tumpu rol, padanya bekerja muatan terpusat P1=5t dan P2=3ton seperti pada gambar.



Hitung besar gaya reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :



Ph =P1cos 60^{o}
=5t.0,5
=2,5t

Pv=P1sin60^{o}
=5t.0,866
=4,33t
MA=0
PV.1m+P2.3m-BV.5m=0
4,33t.1m+3t.3m-BV.5m=0
4,33tm+9tm-BV.5m=0
13,33tm-BV.5m=0
-BV.5m=-13,33tm
BV= -13,33tm
-5m
BV=2,666t.

MB=0
AV.5m-PV.4m-P2.2m=0
AV.5m-4,33t.4m-3t.2m=0
AV.5m-17,32tm-6tm=0
AV.5m-23,32tm=0
AV.5m=23,32tm
AV = 23,32tm
5m
AV=4,664t

Kontrol V=0
AV+BV=7,33t
4,664t+2,666t=7,333
7,33t=7,33t
7,33t-7,33t=0 (cocok)

2. Menghitung gaya reaksi pada tumpuan sendi dan rol akibat beban muatan q t/m. Suatu gelagar AB panjang l mendapat beban merata q t/m (A ditumpu sendi dan B di tumpu rol).

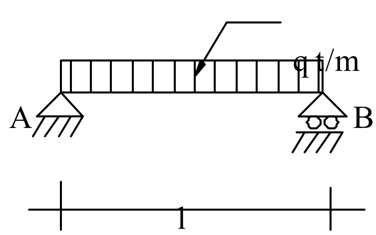
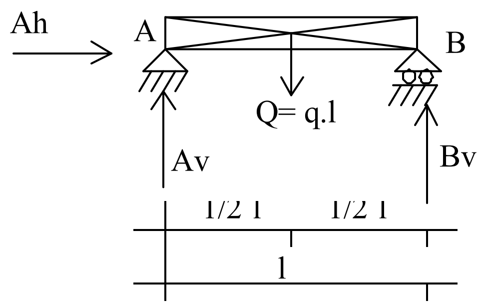


Diagram gaya luarnya sebagai berikut :



Untuk menghitung reaksi tumpuan maka muatan merata dapat diganti dengan sebuah/beberapa buah muatan terpusat Q.

Q=q.l.

Besarnya reaksi-reaksi tumpuannya :

H=0;Ah=0

V=0:AV=BV-Q=0

AV+BV-q.l=0

AV+BV=q.l.

MA=0	MB=0
Q.1/2l-BV.l=0	AV.l-Q.1/2.l=0
q.l.1/2.l-BV.l=0	AV.l-q.l.1/2.l=0
$1/2q.l^2$-BV.l=0	AV.l-1/2.q.l^2=0
½.q.l2-BV.l=0	AV.l=1/2.q.l^2
BV= $\frac{-1/2.q.l^2}{-l}$	AV=$\frac{1/2.q.l^2}{l}$
BV=1/2.q.l.	AV=1/2q.l.

Untuk mengecek hasil perhitungan reaksi tumpuan digunakan V=0, kontrol V=0

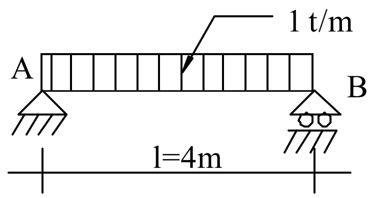
AV+BV=q.l

½.q.l+1/2q.l=q.l

q.l=q.l

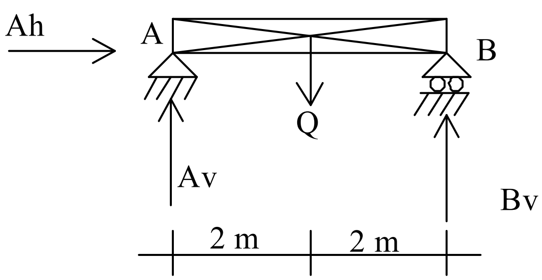
q.l-q.l=0 (cocok)

Contoh 1 :
Sebuah gelagar AB panjang 4 m di mana A di tumpu sendi dan B di tumpu rol, padanya bekerja muatan merata penuh q = 1 t/m. (lihat gambar).



Hitunglah besar gaya reaksi pada tumpuan sendi dan rol tersebut.

Penyelesaian :



Untuk menghitung reaksi tumpuan muatan merata diganti dengan sebuah muatan terpusat.

Q=q.l
=1 t/m.4m
=4t

Besarnya reaksi tumpuan : H=0;Ah=0
V=0;AV+BV-Q=0
AV+BV-4t=0
AV+BV=4t

MA=0
Q.2m-BV.4m=0
4t.2m-BV.4m=0
8tm-BV.4m=0
-BV.4m=-8tm
BV= $\frac{-8tm}{-4tm}$
BV=2t

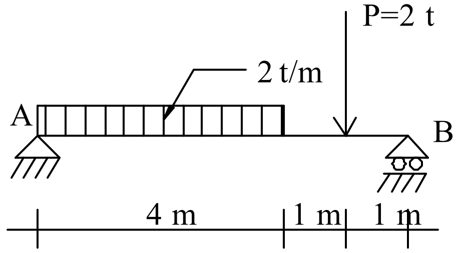
MB=0
AV.4m-Q.2m=0
AV.4m-4t.2m=0
AV.4m-8tm=0
AV.4m=8tm
AV= $\frac{8tm}{4m}$
AB=2t

Kontrol : V=0
AV+BV=4t

2t+2t=4t
4t=4t
4t-4t=0 (cocok)

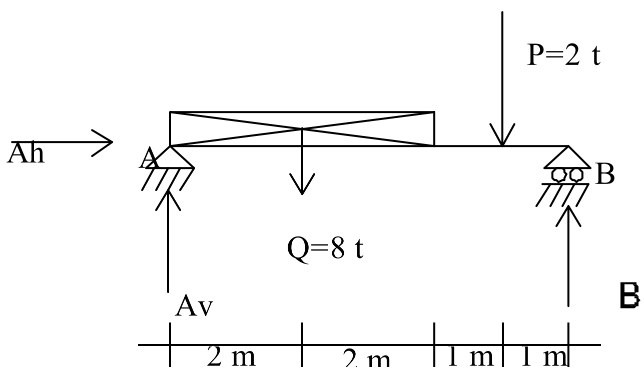
Contoh 2 :

Sebuah gelagar AB panjang 6 m di mana pada A di tumpu sendi dan B ditumpu rol, padanya bekerja muatan merata q=1 t/m sepanjang 4 m dan beban terpusat P=2t (lihat gambar).



Hitunglah besar gaya reaksi-reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :



Untuk menghitung reaksi tumpuan maka muatan merata q = 2t/m sepanjang 4m diganti dengan sebuah muatan terpusat Q. Q=q.l=2t/m.4m=8t.
Besarnya reaksi tumpuannya :

H=0; Ah=0
V=0; AV+BV-Q-P=0
AV+BV-8t-2t=0
AV+BV-10t=0
AV+BV=10t

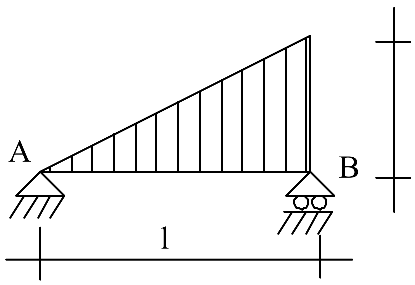
MA=0
Q.2m+P.5m-BV.6m=0
8t.2m+2t.5m-BV.6m=0
16tm+10tm-BV.6m=0

MB=0
AV.6m-Q.4m-P.1m =0
AV.6m-8t.4m-2t.1m =0
AV.6m-32tm-2tm =0

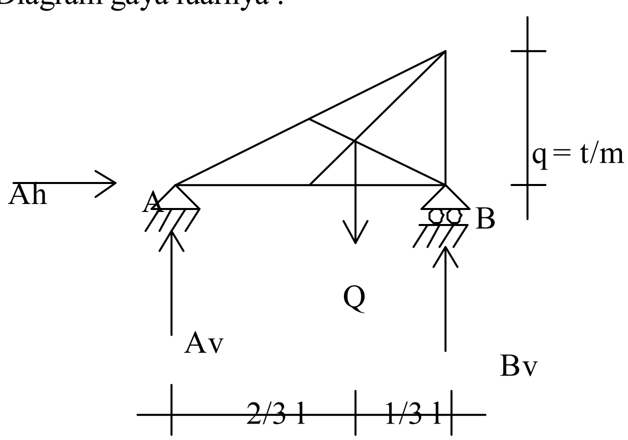
26tm-BV-6m=0
-BV.6m=-26tm
BV= $\frac{-26tm}{-6m}$
BV=4,333t

AV.6m-34tm =0
AV.6m=34 tm
AV = $\frac{34\ tm}{6}$
AV= 5,667t

3. Menghitung gaya reaksi pada gelagar di atas tumpuan sendi dan rol dengan beban terbagi tidak merata.



Untuk menghitung reaksi tumpuan, maka muatan terbagi tidak merata diganti dengan muatan terpusat Q.
Besar Q=1/2.q.l
Diagram gaya luarnya :



Reaksi tumpuannya sebagai berikut :
H=0;Ah=0
V=0;AV+BV-Q=0
AV+BV-1/2l=0
AV+BV=1/2 q.l

MA=0
Q.2/3.l-BV.l=0
½.q.l.2/3.l-BV.l=0
2/6.q.l^2-BV.l=0

MB=0
AV.l-Q.1/3.l=0
AV.l-1/2q.l.1/3.l=0
AV.l-1/6q.l^2=0

$-BV.l = -2/8.q.l^2$

$BV = \dfrac{-2/6.q.\,l^2}{-l}$

$BV = 2/6q.l.$

$AV.l = 1/6q.\,l^2$

$AV = \dfrac{1/6.q.\,l^2}{l}$

$AV = 1/6q.l$

Kontrol :

V=0

AV+BV=1/2 q.l

1/6q.l+2/3q.l=1/2q.l

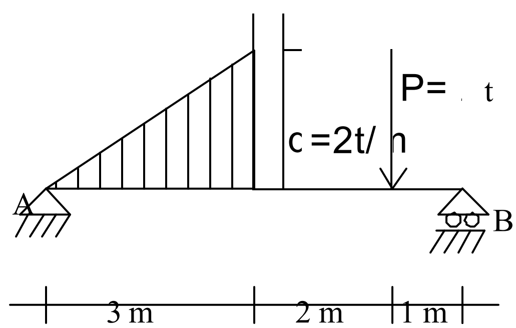
3/6q.l=1/2q.l

1/2q.l=1/2q.l

1/2q.l-1/2q.l=0 (cocok)

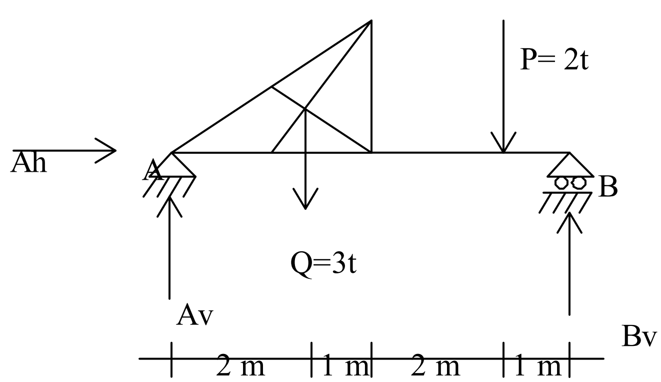
Contoh :

Sebuah gelagar AB panjang 6m di mana pada A ditumpu sendi dan pada B ditumpu rol, padanya bekerja muatan terbagi rata Q=2t/m dan sebuah muatan terpusat P=2ton (lihat gambar).



Hitung besarnya gaya reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :



Besar Q=1/2q.l

=1/2.2t/m.3m

=3t

Besarnya gaya reaksi tumpuannya sebagai berikut :

H=0;Ah=0
V=0;AV+BV-Q-P=0
AV+BV-3t-2t=0
AV+BV-5t=0
AV+BV=5t

MA=0
Q.2m+P2.5m_BV.6m=0
3t.2m+2t.3m-BV.6m=0
6tm+10tm-BV.6m=0
16tm-BV.6m=0
-BV.6m=-16tm

$$BV = \frac{-16tm}{-6m}$$

BV=2,667 t.

MB=0
AV.6m-Q.4m-P.1m=0
AV.6m-3t.4m-2t.1m=0
AV.6m-12tm-2tm=0
AV.6m-14tm=0
AV.6m=14tm

$$AV = \frac{14tm}{6m}$$

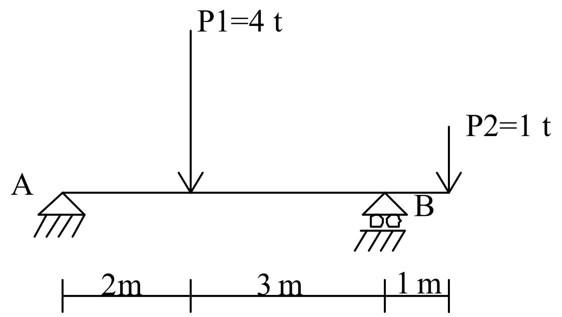
AV=2,333t

Kontrol V=0
AV+BV=5t
2,333t+2,667=5t
5t=5t
5t-5t=0 (cocok)

4. Menghitung gaya reaksi pada gelagar di atas tumpuan sendi dan rol dengan kantilever

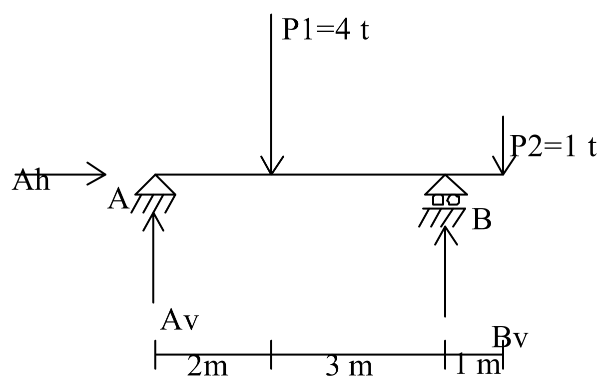
Contoh 1.

Sebuah gelagar panjang 6m di atas tumpuan sendi A dan rol B mendapat beban terpusat P1 dan p2 seperti pada gambar di bawah.



Hitung besarnya gaya reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :



P2=1t

Besar gaya reaksi tumpuannya sebagai berikut:

H=0;Ah=0

V=0;AV+BV-P1-P2=0

AV+BV-4t-1t=0

AV+BV-5t=0

AV+BV=5t

MA=0

P1.2m+P2.6m-BV.5=0

4t.2m+1t.6m-BV.5m=0

8tm+6tm_BV.5m=0

14tm-BV.5m=0

-BV.5m=-14tm

MB=0

AV.5m-P1.3m+P2.1=0

AV.5m-4t.3m+1t.1m=0

AV.5m-12tm_1tm=0

AV.5m-11tm=0

AV.5m=11tm

BV= $\frac{-14tm}{-5m}$

BV=2,8t

AV= $\frac{11tm}{5m}$

AV=2,2t

Kontrol :   V=0

AV+BV=5t

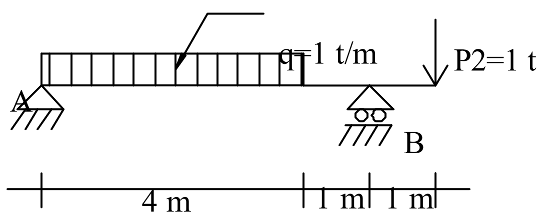
2,2t+2,8t=5t

5t=5t

5t-5t=0 (cocok)

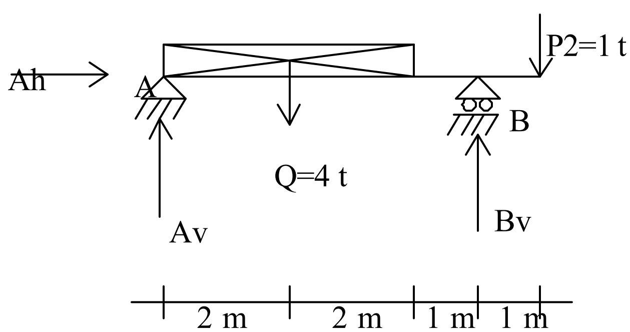
Contoh 2 :

Sebuah gelagar panjang 6m terletak di atas tumpuan sendi A dan rol B mendapat beban terpusat P=1t dan beban terbagi rata q=1t/m seperti gambar di bawah.



Hitunglah besar gaya reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :



Besar Q=q.l'

=1t/m.4m

=4t

H=0;Ah=0

V=0;AV+BV-Q-P=0

AV+BV-4t-1t=0

AV+BV-5t=0

AV+BV=5t

MA=0
Q.2m+P.6m-BV.5m=0
4t.2m_1t.6m-BV.5m=0
8tm+6tm-BV.5m=0
14tm-BV.5m=0
-BV.5m=-14tm
$BV = \frac{-14tm}{5m}$
BV=2,8t

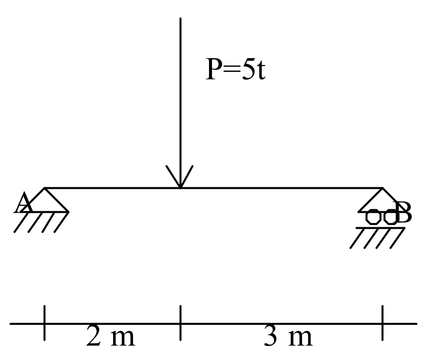
Kontrol : V=0
AV+BV=5t
2,2t+2,8t=5t
5t=5t
5t-5t=0 (cocok)

Menghitung gaya rekasi dengan cara grafis :

Pada dasanya untuk mencari gaya reaksi secara grafis dengan jalan :

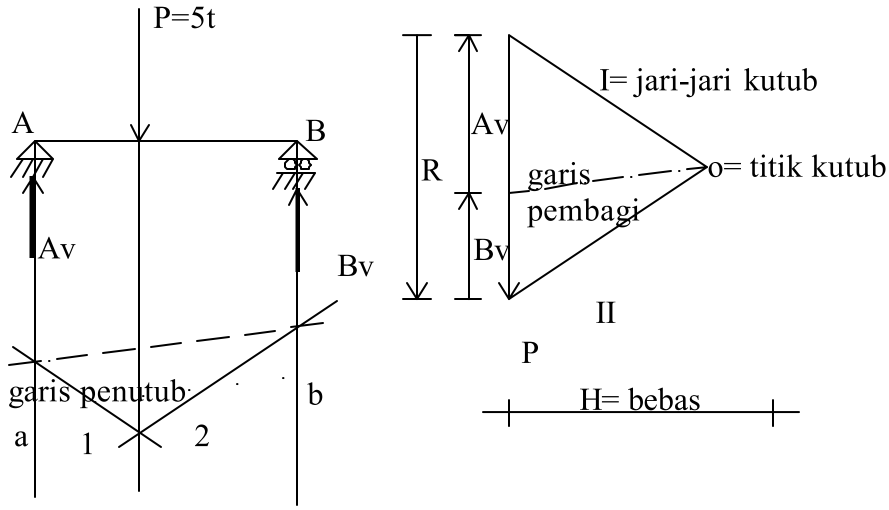
1. Menguraikan gaya setelah diketahui arah gaya dari gaya aksinya dengan arah yang berlawanan.
2. Menyusun gaya-gaya dengan cara poligon dan dengan sistem lukisan kutub untuk menemukan besarnya resultan ditentukan reaksi pada rol dan reaksi gaya engsel. Setelah itu baru ditetapkan arah gaya reaksi pada engsel maupun rol dengan cara menguasai gaya resultan reaksi (khusus untuk resultan reaksi yang membentuk sudut dengan batang tumpuan).

Contoh 1 :
Menghitung gaya reaksi pada tumpuan sendi dan rol pada gelagar dengan beban terpusat P=5ton (lihat gambar)



Penyelesaian :

Skala gaya : 1cm=1t
Skala panjang : 1 cm=1m



Besar AV= 3 cm x $\frac{1t}{1cm}$ = 3t

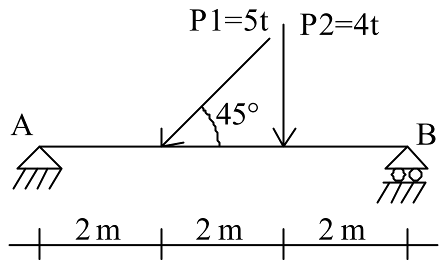
BV=2cmx $\frac{1t}{1cm}$ = 2t

Cara grafis :

a. Tentukan skala gaya dan skala panjang
b. Lukis diagram gaya luarnya mengacu pada soal dan perpanjang garis kerja AV, BV dan P.
c. Buat lukisan kutub dengan titik kutub O (letaknya titik kutub bebas asal tidak berimpit dengan gaya P) dan jari-jari kutub I dan II.
d. Lukis garis 1 sejajar jari-jari kutub I hingga memotong garis kerja P dan AV.
e. Lukis garis 2 sejajar jari-jari kutub II, yang melalui pemotongan garis 1 dan garis kerja P dan melalui garis kerja BV.
f. Lukis garis penutup a b= garis pembagi pada lukisan kutub.
g. Lukis garis pembagi ab pada lukisan kutub yang melalui titik kutub O dan memotong R menjadi dua bagian yaitu Av dan BV.
h. Ukur panjang garis Av dan BV lalu dikalikan dengan skala gaya maka didapat reaksi tumpuan A dan B.

Contoh 2 :

Sebuah balok panjang 6m terletak di atas tumpuan sendi A dan rol B, menerima beban terpusat P1=5 ton dan P2= 4 ton seperti pada gambar.

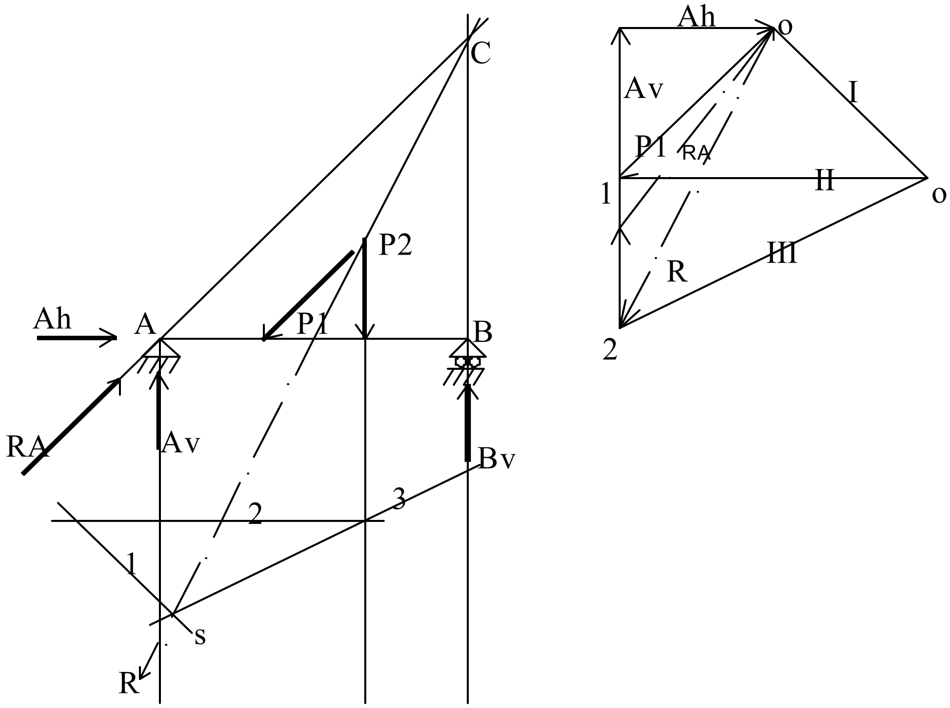


Hitung besar reaksi-reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :

Skala gaya : 1 cm=1 ton

Skala panjang : 1 cm = 1m



Besarnya reaksi tumpuan :

$RA : 5{,}2\ cm \times \frac{1\ t}{1\ cm} = 5{,}2\ t$

$AV = 3{,}7 cm \times \frac{1t}{1\ cm} = 3{,}7\ t$

$Ah = 3{,}7\ cm \times \frac{1\ t}{1cm} = 3{,}7\ t$

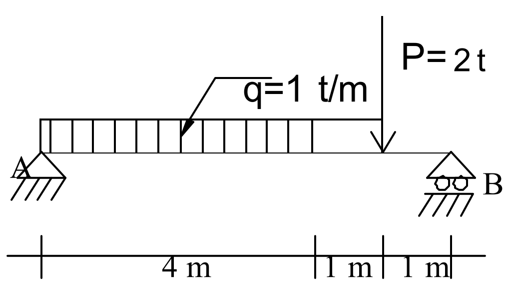
$BV = 3{,}9\ cm \times \frac{1t}{1cm} = 3{,}9\ t$

Cara grafis :

a. Tentukan skala gaya dan skala panjang.
b. Lukis diagram gaya luarnya mengacu pada soal dan perpanjang garis kerja AV, P1,P2 dan BV.
c. Buat lukisan segi banyak gaya/poligon hingga didapat R serta tentukan titik kutub O dan buat jari-jari kutub I, II dan III.
d. Lukis garis 1 sejajar jari-jari kutub I hingga memotong garis kerja P1 dan AV.
e. Lukis garis 2 sejajar jari-jari kutub II yang melalui perpotongan garis 1 dan garis kerja P1, hingga memotong garis kerja P2.
f. Lukis garis 3 sejajar jari-jari kutub III yang melalui perpotongan garis 2 dan garis kerja P2, hingga memotong garis kerja BV.
g. Perpanjang garis 1 dan garis 3 hingga berpotongan di titik S, melalui titik S tempatkan R dan perpanjang garis kerjanya hingga memotong garis kerja BV di titik C.
h. Dari titik potong C, tarik garis lurus ke A, maka di dapat garis kerja RA.
i. Pada lukisan segi banyak gaya, pada R tarik garis sejajar dengan garis kerja RA dan BV hingga terbentuk lukisan segitiga gaya dengan sisi-sisi RA, BV dan R.
j. Besarnya RA dan BV didapat dengan mengukur panjang garis RA dan BV dikalikan dengan skala gaya yang ditetapkan.
k. Untuk menghitung besarnya AV dan BV maka RA diuraikan menjadi dua konsep gaya terhadap sumbu X dan Y dengan cara segitiga gaya. Ukur panjang garis AV dan BV lalu dikalikan dengan skala gayanya.

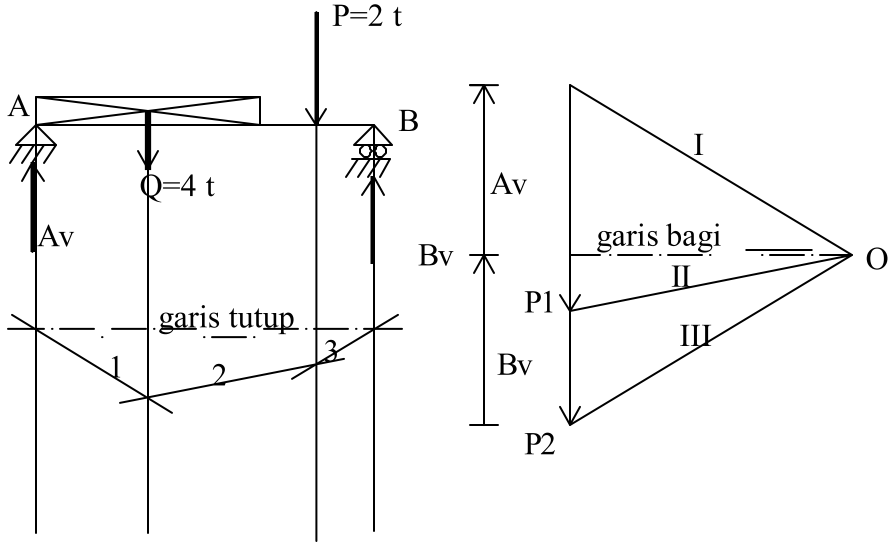
Contoh 3 :

Sebuah balok panjang 6m terletak di atas tumpuan sendi A dan rol B, menerima beban merata q=1 t/m dan beban terpusat P=2t seperti pada gambar di bawah.



Hitung besar reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :
Skala gaya : 1cm=1 ton
Skala panjang : 1 cm=1m

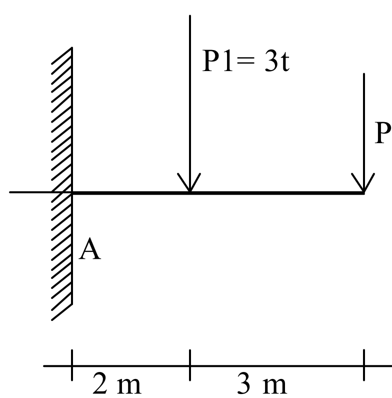


Q =q.l’
=1 t/m.4m
=4t

Besar reaksi-reaksi tumpuannya : $AV = 3cm \times \frac{1t}{1\,cm} = 3t$

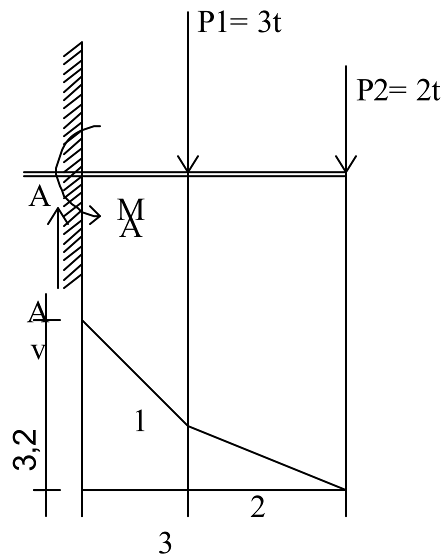
$BV = 3cm \times \frac{1t}{1\,cm} = 3t$

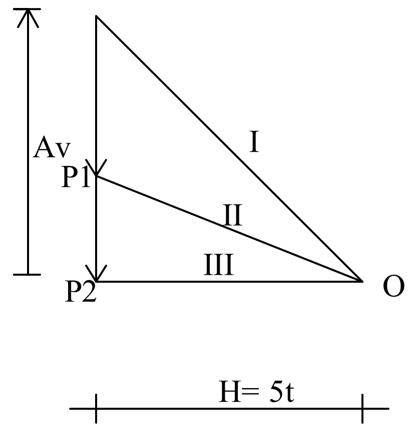
Contoh 4 :
Menghitung gaya reaksi pada gelagar yang ditumpu jepit



Hitung reaksi-reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :
Untuk menentukan titik kutub O pada lukisan kutub diusahakan dengan bilangan bulat (tidak sembarangan) guna memudahkan dalam perhitungan reaksi tumpuan MA.
Skala gaya : 1 cm=1t
Skala panjang : 1 cm=1m
Skala momen : 1 cm= 5tm



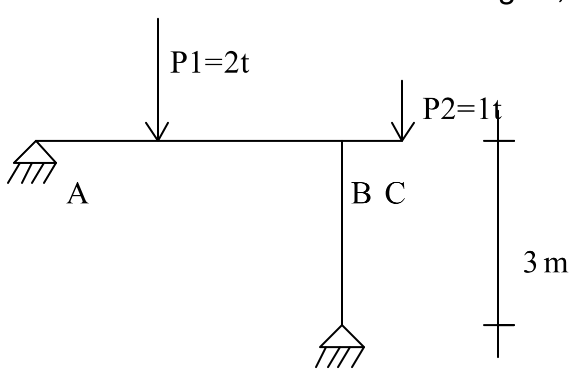


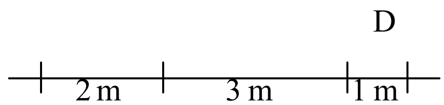
Besar reaksi-reaksi tumpuannya : $AV = 5cm \times \frac{1t}{1\,cm} = 5t$

$MA = 3{,}2\ cm \times \frac{1t}{1\,cm} = 16\ tm$

d. Menghitung gaya reaksi pada konstruksi pendel

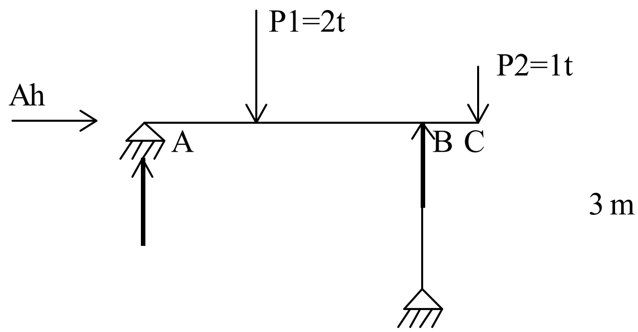
Suatu konstruksi pendel seperti gambar di bawah mendapat beban terpusat P1=2t dan P2=1t. Di mana A = engsel, DB = Pendel

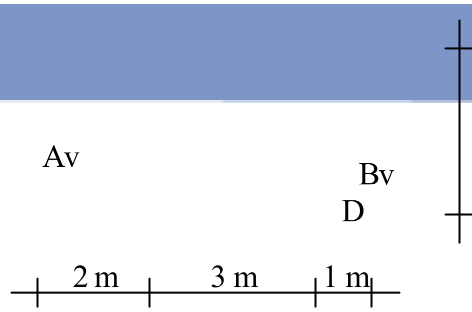




Hitunglah reaksi-reaksi tumpuannya.

Penyelesaian :





Catatan : arah BV berimpit dengan pendel DB tegak ke atas.

H=0;Ah=0
V=0;AV+BV-P1-P2=0
AV+BV-2r-1t=0
AV+BV-3t=0
AV+BV=3t

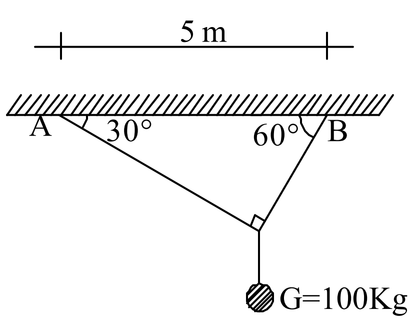
MA=0
P1.2m+P2.6m-BV.5m=0
2t.2m+1t.6m-BV.5m=0
4tm+6tm-BV.5m=0
10tm-BV.5m=0
-BV.5m=-10tm
$BV= \frac{-10tm}{-5tm}$
BV=2t

MB=0
AV.5m-P1.3m+P2.1m=0
AV.5m-2t.3m+1t.1m=0
AV.5m-6tm+1tm=0
AV.5m-5tm=0
AV.5m=5tm
$AV = \frac{5\ tm}{5m}$
AV=1t

Kontrol V=0
AV+BV=3t
1t+2t=3t
3t-3t=0 (cocok).

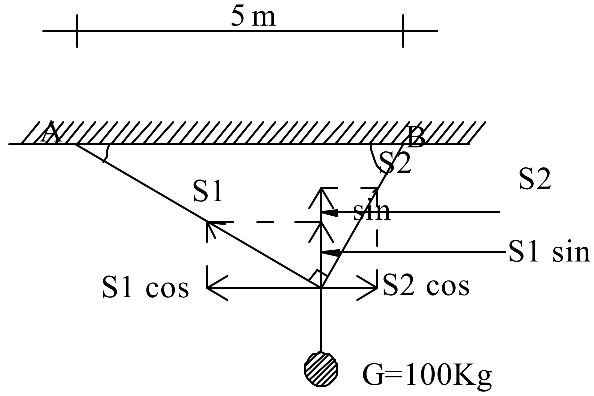
e. Menghitung gaya reaksi pada tali (kabel)

Sebuah benda dengan berat G =100kg digantung pada dua kabel AC dan BC seperti pada gambar.



Tentukanlah gaya-gaya reaksi pada kabel AC dan BC, bila diketahui sudut 30^{o}, $= 60^{o}$

Penyelesaian :



Gaya reaksi S1 dan S2 yang diadakan oleh tali ialah gaya yang terletak didalam tali .

H=0

S2cos -S1cox =0
S2.cos 60^{o}-S1cos 30^{o}=0
S2.0,5-S1.0,866=0
S2.0,5=S1.0,866
S2= $\frac{0,866 \text{ S1}}{0,5}$
S2=1,832 S1

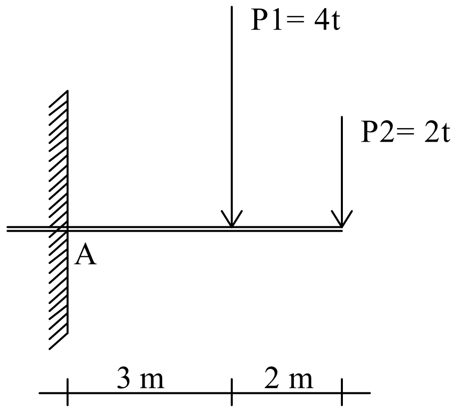
V=0

S1 sin +S2sin -6=0
S1.sin30^{o}+S2sin60^{o}-100kg=0
S1.0,5+S2.0,866-100kg=0
S1.0,5+S2.0,866=100kg
S1.0,5+0,866.1,732 S1=100kg
2.S1= 100kg
S1= $\frac{100\text{kg}}{2}$
S1= 50 kg
Besar S2= 1,732.S1
=1,732.50kg
=86,6kg

3. LEMBAR LATIHAN

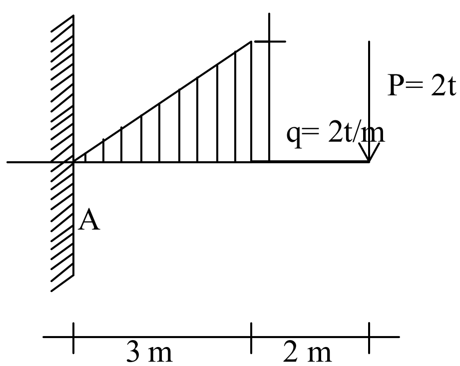
Soal-soal (Tugas)

1. Sebuah gelagar panjang 5 m ditumpu jepit di A dan ujung lainnya bebas, padanya bekerja dua buah gaya yaitu P1=4 ton dan P2=2 ton seperti pada gambar.



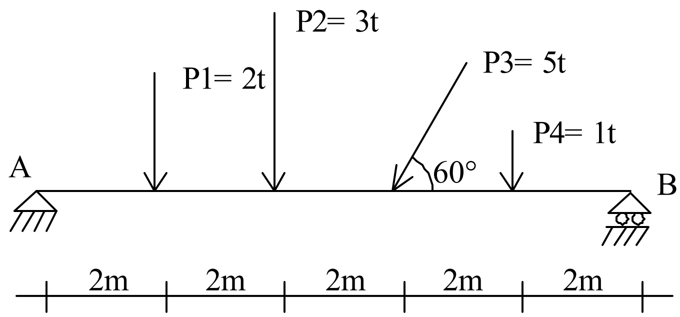
Hitung besar gaya-gaya reaksi pada tumpuan A.

2. Sebuah gelagar panjang 5 m ditumpu jepit di A dan ujung lainnya bebas, padanya bekerja muatan terbagi tidak merata q=2t/m dan sebuah muatan terpusat P=5 ton seperti pada gambar.



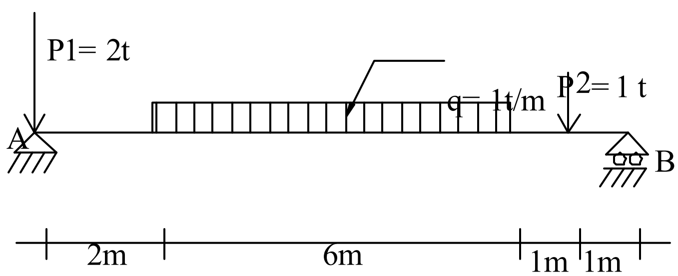
Hitung besar gaya=gaya reaksi tumpuannya.

3. Sebuah gelagar panjang 10 meter ditumpu sendi A dan rol B, mendapat beban terpusat P1=2t, P2=3t, P3=5t dan P4=1t seperti pada gambar.



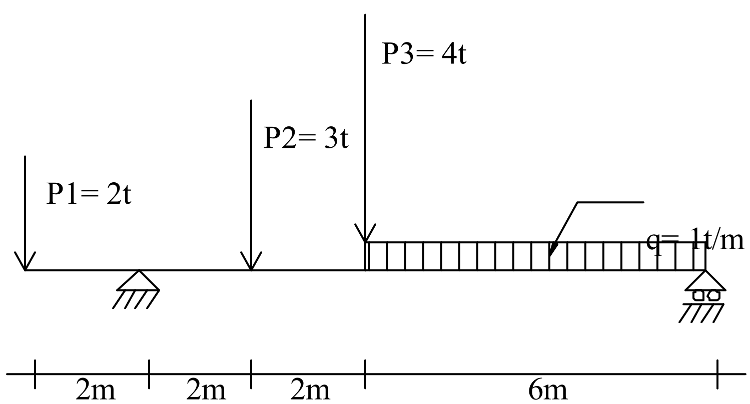
Hitung besar gaya-gaya reaksi tumpuannya dengan cara grafis dan analitis.

4. Sebuah gelagar panjang 10m ditumpu sendi A dan rol B, mendapat beban merata q=1 t/m dan beban terpusat P1=2t, P2=1t seperti pada gambar.



Hitung besar gaya-gaya reaksi tumpuannya.

5. Sebuah gelagar panjang 12 m ditumpu sendi A dan rol B mendapat beban terpusat P1=1t, P2=3t, P3=4t dan muatan merata q=1 t/m seperti pada gambar.



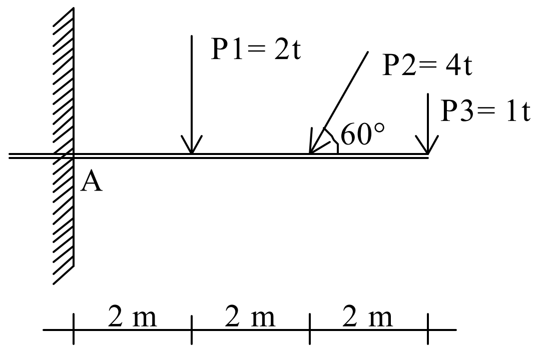
Hitung reaksi-reaksi tumpuannya.

Petunjuk Penilaian

No	Aspek	Indikator	Skor maks	Skor Yang dicapai	Ket
1	Soal No.1	Terjawab benar	10		
2	Soal No.2	Terjawab benar	20		
3	Soal No.3	Terjawab benar	30		
4	Soal No.4	Terjawab benar	20		
5	Soal No.5	Terjawab benar	20		
Jumlah Skor Maksimal			100		
Syarat Skor Minimal Lulus			70		
Jumlah Skor Yang Dapat Dicapai					
Kesimpulan				LULUS / TIDAK	

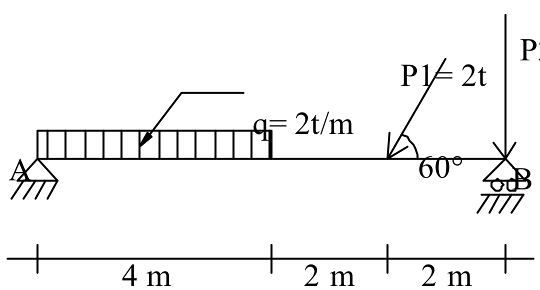
LEMBAR EVALUASI :

1. Sebuah gelagar panjang 6 m ditumpu jepit di A dan ujung lainnya bebas, padanya bekerja tiga buah gaya P1 = 2t, P2=4t, P3=1t seperti pada gambar.



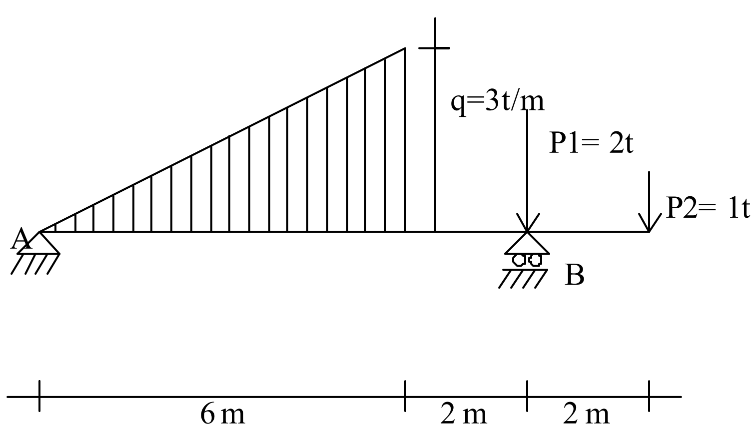
Hitung besar gaya-gaya reaksi tumpuannya. (nilai 25)

2. Sebuah gelagar panjang 8 m ditumpu sendi A dan rol B mendapat beban merata q=2 t/m dan beban terpusat P1=2r dan P2=5t seperti pada gambar.



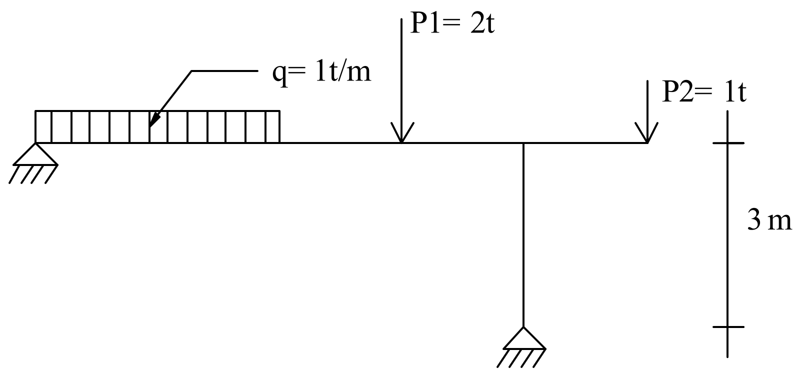
Hitung besar gaya-gaya reaksi tumpuannya. (nilai 25)

3. Sebuah gelagar panjang 10 m ditumpu sendi A dan rol B mendapat beban merata q = 3 t/m dan beban terpusat P1=2t dan P2=1t seperti gambar.



Hitung besar gaya-gaya reaksi tumpuannya. (nilai 25)

4. Diketahui balok ABC dengan beban-beban seperti gambar. A= engsel, BD= pendel.



Hitung reaksi-reaksi tumpuannya (nilai 25)

6.3 Jenis-Jenis Konstruksi

Konstruksi merupakan suatu elemen bangunan (*free body*) yang menahan keseimbangan antara muatan (aksi) dan reaksi, dimana gaya-gaya muatan bekerja di luar konstruksi yang disebut sebagai gaya luar (muatan dan reaksi), sehingganya timbul gaya yang merambat dari muatan kepada reaksi perletakan yang disebut sebagai gaya dalam (gaya normal, gaya lintang/geser, dan gaya momen).

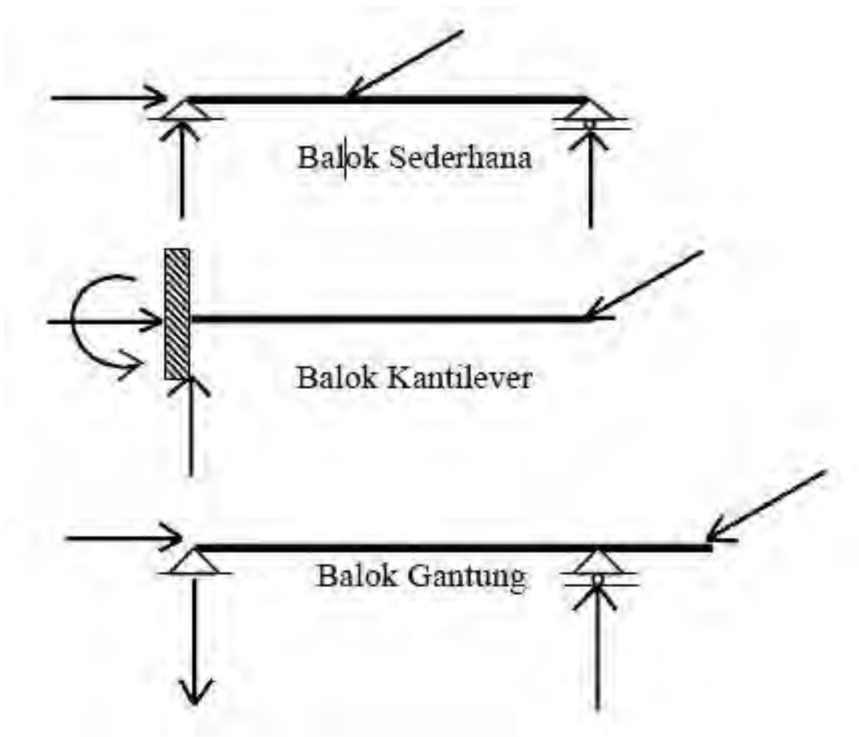
Sebagian besar konstruksi/struktur dapat dimasukkan ke dalam salah satu dari tiga golongan, yaitu balok, portal, dan rangka batang. Balok memikul beban tegak saja, persoalan balok akan dapat diselesaikan secara lengkap apabila diagram gaya geser dan momennya telah diperoleh. Portal tersusun dari batang-batang yang dihubungkan dengan sambungan kaku, suatu portal akan teranalisa secara lengkap apabila telah diperoleh variasi gaya geser, gaya aksial momennya di seluruh bagian anggotanya. Rangka batang dipandang sebagai bagian-bagian yang dihubungkan dengan sendi, sehingga gaya geser dan momen pada seluruh batangnya terhapus, suatu rangka batang teranalisa secara lengkap apabila gaya aksial di setiap batangnya telah diperoleh.

Diagram gaya geser dan momen suatu elemen struktur akan dapat digambarkan apabila semua reaksi luarnya telah diperoleh. Dalam keseimbangan system gaya-gaya sejajar yang sebidang, telah dibuktikan bahwa jumlah gaya-gaya yang tidak diketahui pada sembarang elemen bangunan yang dapat dhitung dengan menggunakan prinsip statika tidak bisa lebih dari dua buah, disebut juga sebagai *struktur statis tertentu*.

Suatu elemen struktur akan bersifat statis tertentu jika reaksi-reaksi hanya tiga, karena statika hanya menyediakan tiga kondisi keseimbangan, yaitu

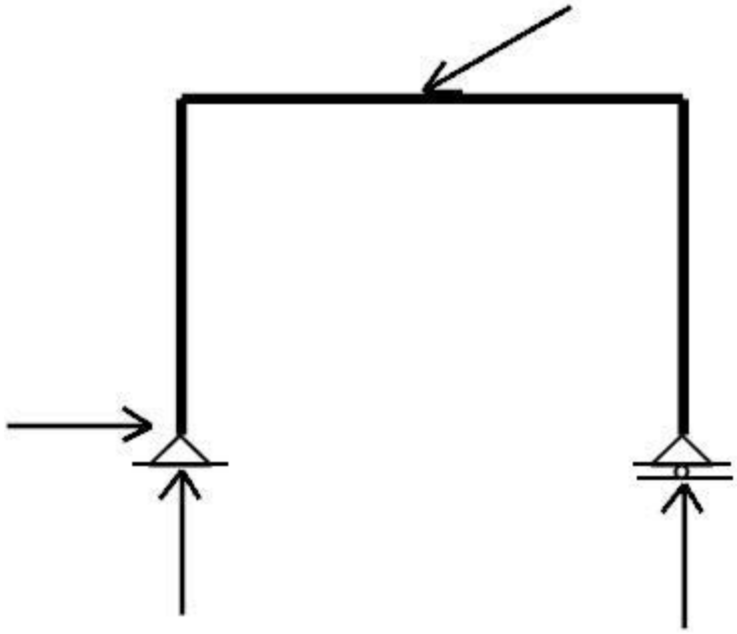
keseimbangan gaya-gaya vertikal, keseimbangan gaya-gaya horisontal, dan keseimbangan momen, yang dapat ditunjukkan dengan persamaan $\Sigma V = 0$, $\Sigma H = 0$, dan $\Sigma M = 0$.

Dalam kasus-kasus balok sederhana (*simple beam*), balok gantung (*overhanging beam*), dan balok kantilever (*cantilever*, balok terjepit sebelah) bersifat statis tertentu, karena reaksi luarnya hanya tiga, seperti diperlihatkan pada gambar 77.



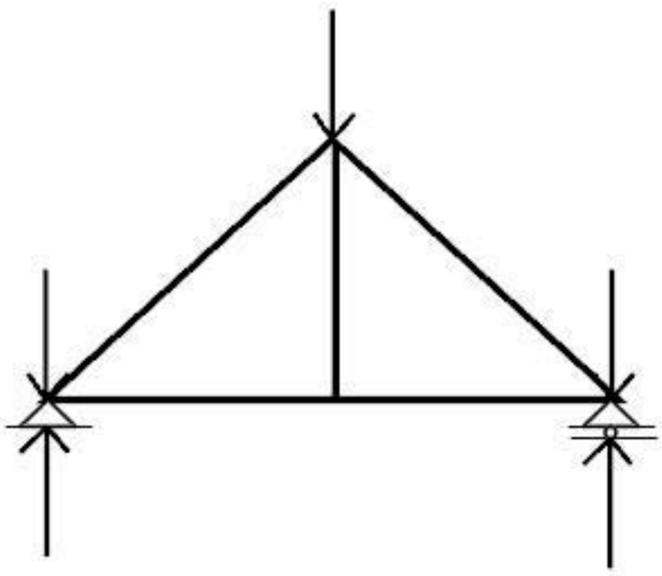
Gambar 87. Balok-Balok Statis Tertentu

Suatu portal bertingkat satu (*single story*) akan bersifat statis tertentu jika reaksi-reaksi luarnya hanya tiga, dan sesuai dengan jumlah persamaan keseimbangan yang tersedia untuk sistem gaya sebidang umumnya, sebagaimana diperlihatkan pada Gambar 79.



Gambar 88. Struktur Portal Statis Tertentu

Kondisi perlu agar suatu rangka batang bersifat statis tertentu adalah bahwa jumlah gaya yang tak diketahui sekurang-kurangnya ada tiga dan jumlah batang di dalam rangka batang tersebut adalah 2j – r, dimana j sama dengan jumlah titik hubungnya dan r sama dengan jumlah reaksinya. Bentuk rangka batang statis tertentu dapat dilihat pada Gambar 89.



Gambar 89. Konstruksi Rangka Batang Statis Tertentu

Ada dua jenis konstruksi yaitu konstruksi statis tertentu dan konstruksi statis tertentu. Pada konstruksi statis tak tentu, besarnya reaksi dan momen dapat ditentukan dengan persamaan keseimbangan. Sedangkan pada persamaan konstruksi statis tak tentu, tidak dapat diselesaikan dengan persamaan keseimbangan. Untuk mempermudah dan mempercepat dalam menentukan jenis konstruksi, dapat digunakan persamaan:

R = B+2

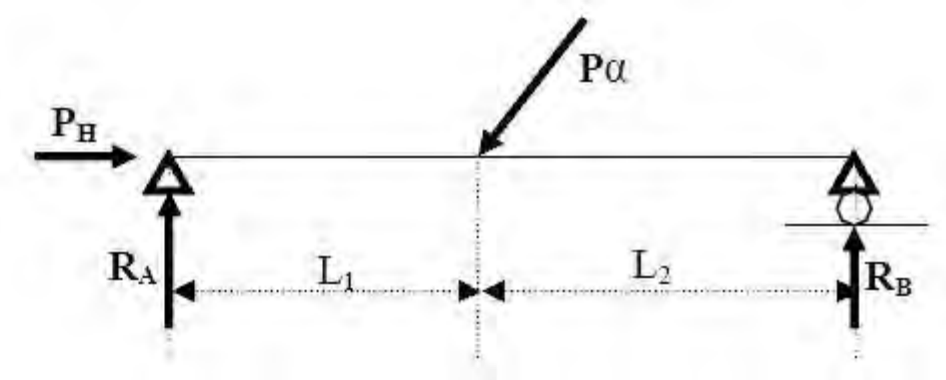
R = Jumlah Reaksi yang akan ditentukan

B = Jumlah Batang

Bila R > B+2, berarti konstruksi statis tak tentu

Contoh:

Suatu konstruksi sederhana (tumpuan sendi rol) seperti Gambar 81 di bawah ini. Tentukanlah jenis konstruksinya.



Gambar 90. Konstruksi dengan tumpuan sederhana (sendi rol)

Jawab:

Pada Konstruksi sendi dan rol, terdapat tiga buah gaya yang harus ditentukan, sedang jumlah batang =1. menurut persamaan di atas, maka:

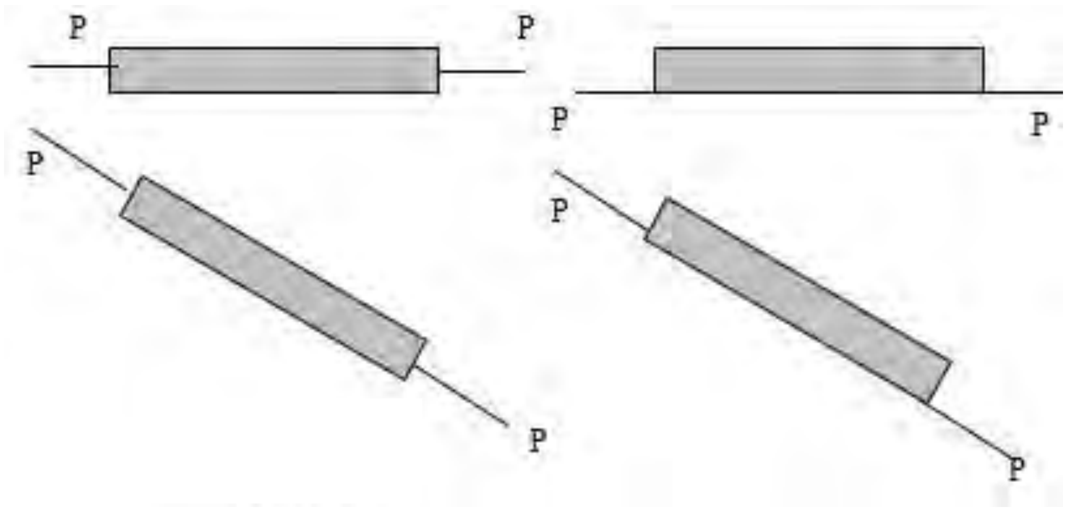
R = B + 2 = 1+2 = 3

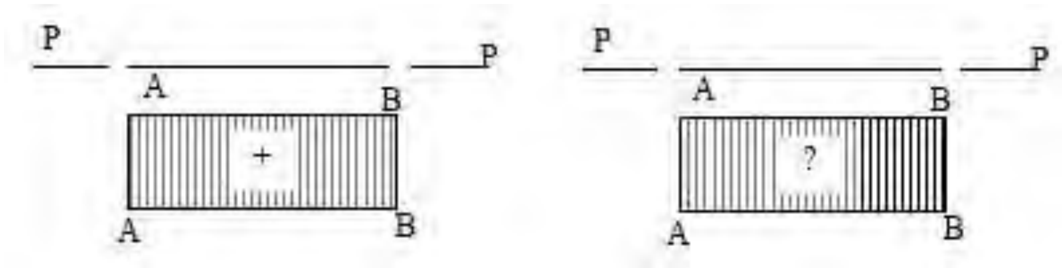
R = 3 → Sesuai

Jadi konstruksi dengan tumpuan sederhana (sendi-rol) di atas termasuk jenis konstruksi Statis tertentu.

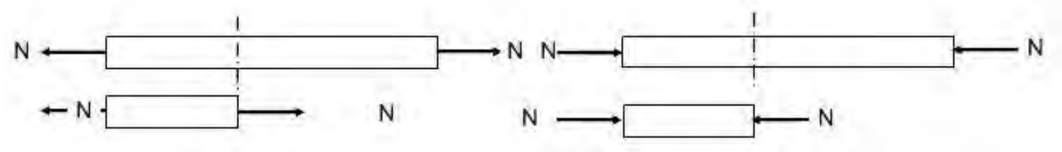
6.4 Gaya Normal (Normal Forces Diagram)

Gaya normal adalah suatu gaya yang garis kerjanya berimpit/ sejajar dengan sumbu batang.



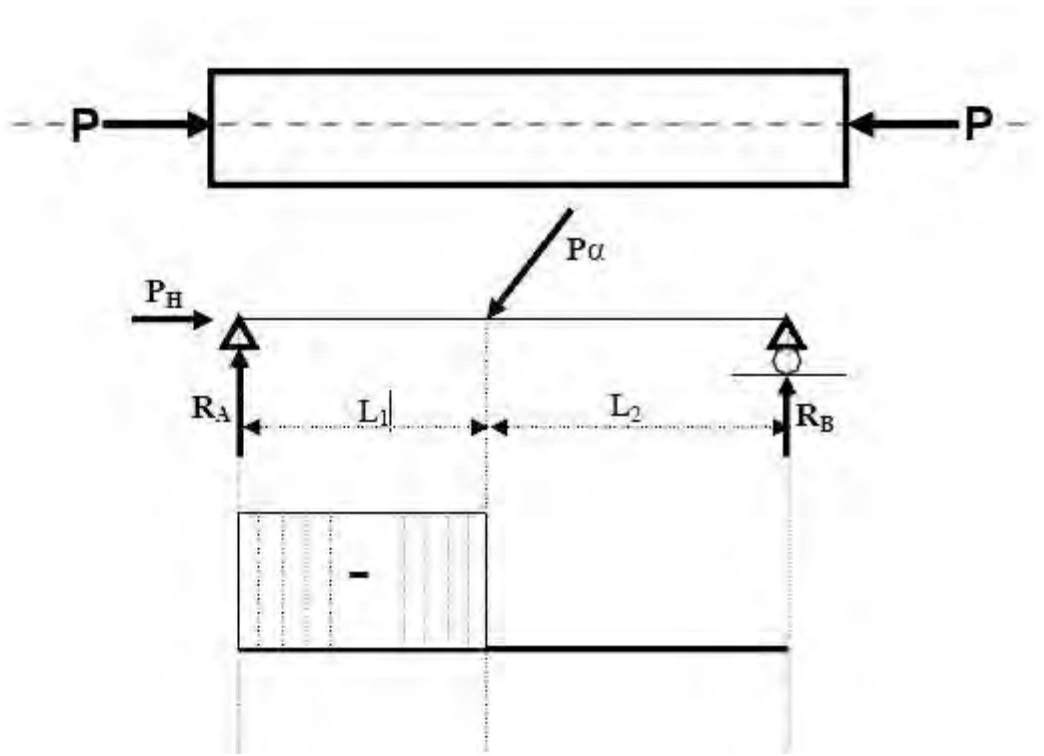


Gaya normal dapat berupa tekan atau tarik seperti berikut,



Gambar 91. Bidang gaya normal adalah bidang yang menggambarkan besarnya gaya normal pada setiap titik

Bidang gaya normal diberi tanda positif, bila gaya normal yang bekerja adalah „ tarik „ dan diarsir tegak lurus dengan batang yang mengalami gaya normal. Sebaliknya, bidang gaya normal diberi tanda negatif, bila gaya normal yang bekerja „ tekan „ dan diarsir sejajar dengan sumbu batang yang mengalami gaya normal



Gambar 92. Penggambaran *normal forces diagram* (NFD) cara grafis

Notasi:

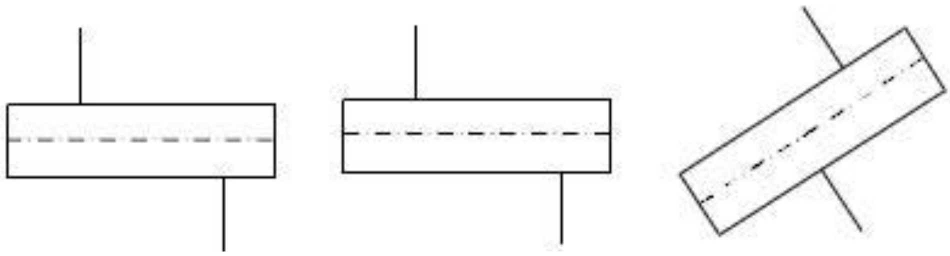
a. Positif Jika gaya normal tarik

b. Negatif Jika gaya normal tekan

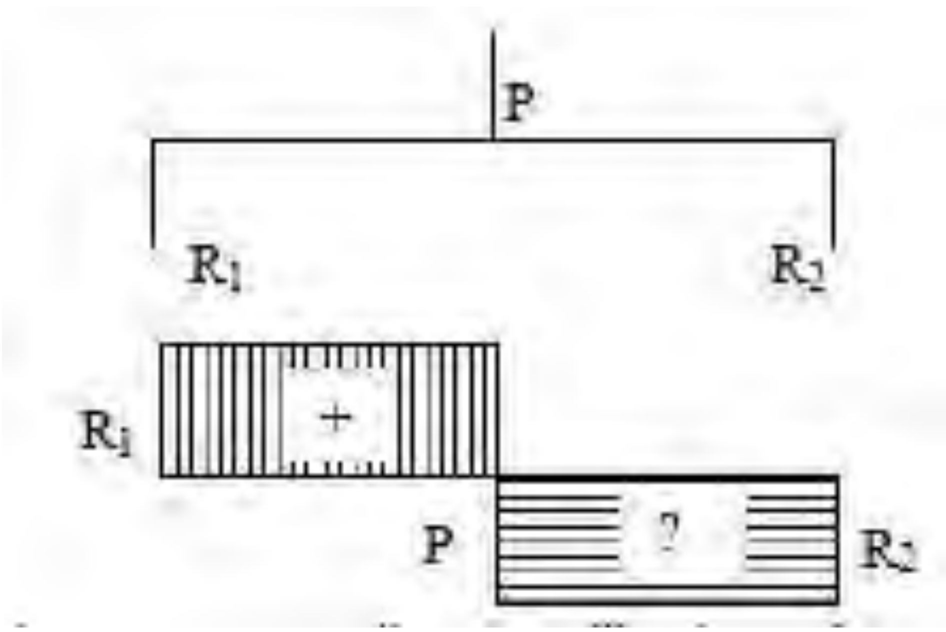
Pada gambar di atas menunjukkan bahwa adanya gaya normal diakibatkan oleh adanya beban sebesar Pα, yang apabila diuraikan gayanya menjadi gaya vertikal dan horisontal. Selanjutnya, gaya arah horisontal (arah ke kiri) akan dilawan oleh gaya PH (arah ke kanan). Sehingga timbulah gaya normal takan (negatif) karena serat pada balok tersebut tertekan (memendek).

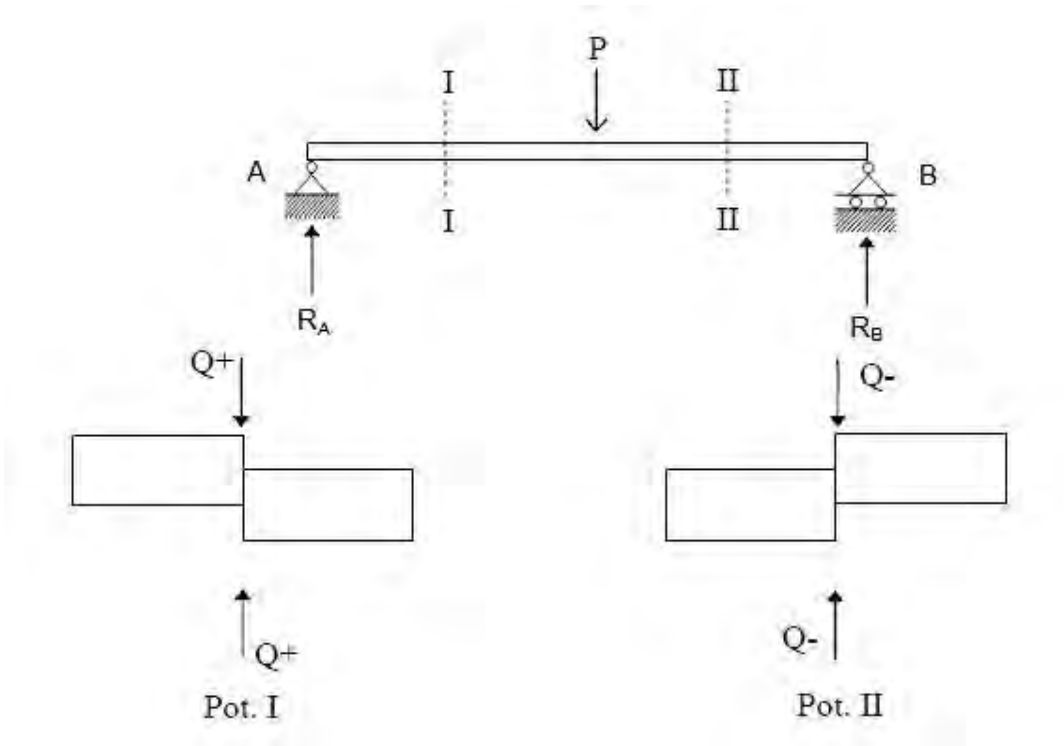
6.5 Gaya Lintang (Shear Force Diagram)

Gaya normal (*shear forces diagram*) adalah susunan gaya yang tegak lurus dengan sumbu batang.



Gambar 93. Bidang gaya melintang adalah bidang yang menggambarkan besarnya gaya melintang pada setiap titik.





Dimana,P = gaya luar

RA = gaya reaksi pada perletakan/tumpuan A.

RB = gaya reaksi pada perletakan/tumpuan B.

Q = gaya lintang (gaya/perlawanan dalam).

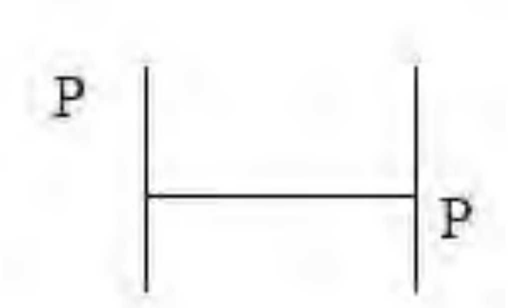
Potongan I.

Akibat gaya reaksi RA elemen balok sebelah kiri terangkat keatas, oleh gaya dalam (gaya lintang) dikembalikan kebentuk semula, pada keadaan ini disebut gaya lintang positip (Q+).

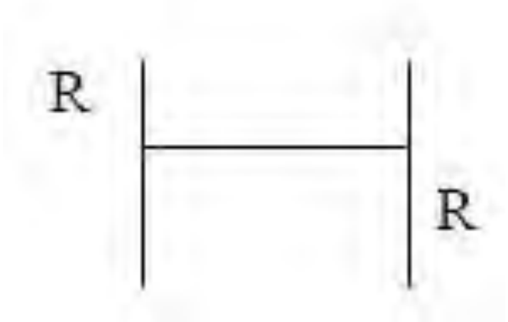
Potongan II.

Identik dengan peristiwa diatas (pot. I), elemen sebelah kanan yang terangkat keatas, sehingga menghasilkan gaya lintang negatip (Q-).

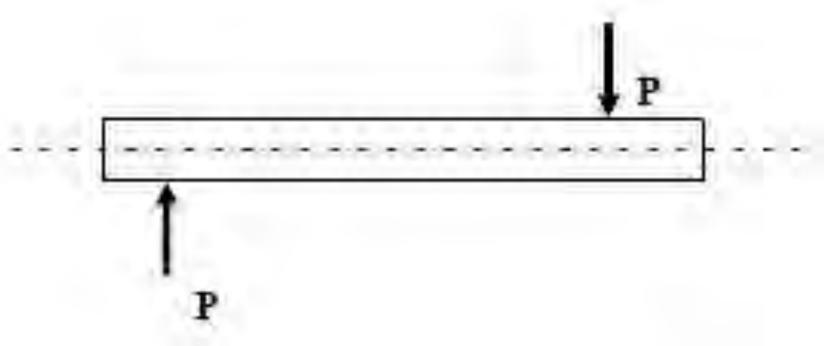
Bidang gaya melintang diberi tanda positif, bila perputaran gaya yang bekerja searah dengan putaran jarum jam dan diarsir tegak lurus dengan sumbu batang yang menerima gaya melintang. Sebaliknya, bila perputaran gaya yang bekerja berlawanan arah dengan putaran jarum jam diberi tanda negatif dan diarsir sejajar dengan sumbu batang.



Putar kanan, berarti positif



Putar kiri, berarti negatif

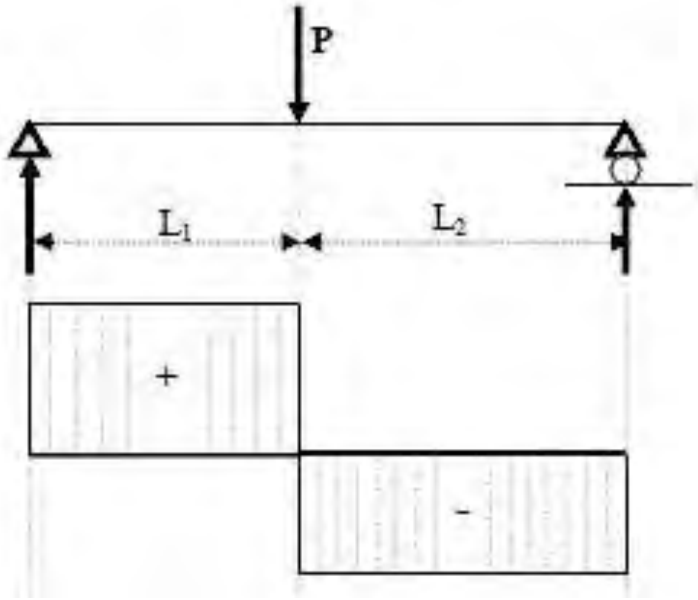


Gambar 94. Konsep SFD pada struktur balok

Notasi:

Positif jika searah dengan jarum jam

Negatif jika berlawanan arah dengan jarum jam

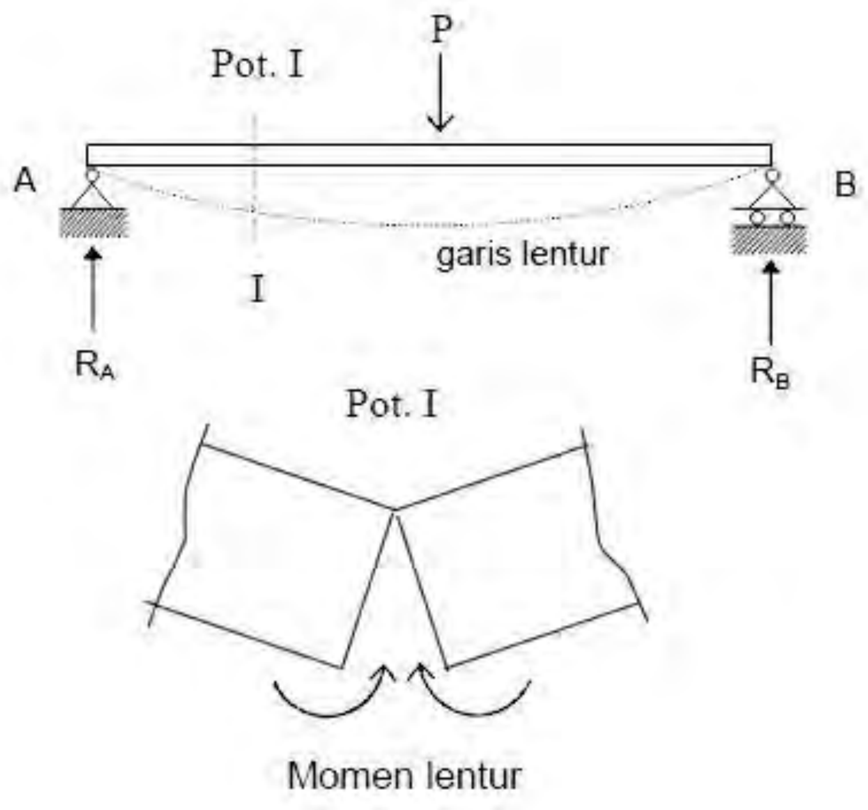


Gambar 95. Penggambaran *shear forces diagram* (SFD) dengan cara grafis

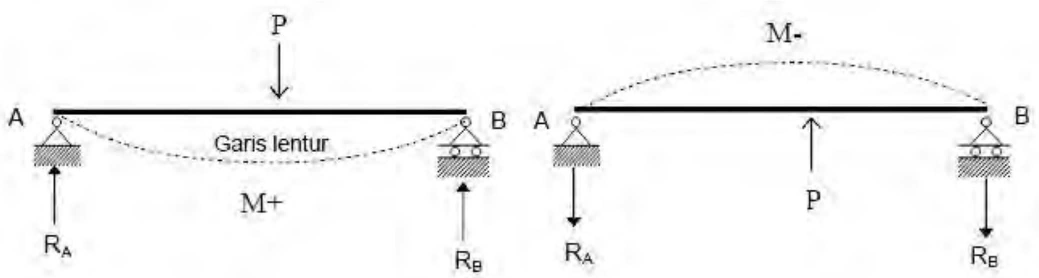
Pada Gambar 96 di atas menunjukkan bahwa nilai gaya lintang akan positif apabila perputaran gaya yang bekerja searah dengan jarum jam, dan diarsir tegak lurus dengan sumbu batang yang menerima gaya melintang. Sebaliknya, bila perputaran gaya yang bekerja berlawanan arah dengan perputaran jarum jam, diberi tanda negatif dan diarsir sejajar dengan sumbu batang.

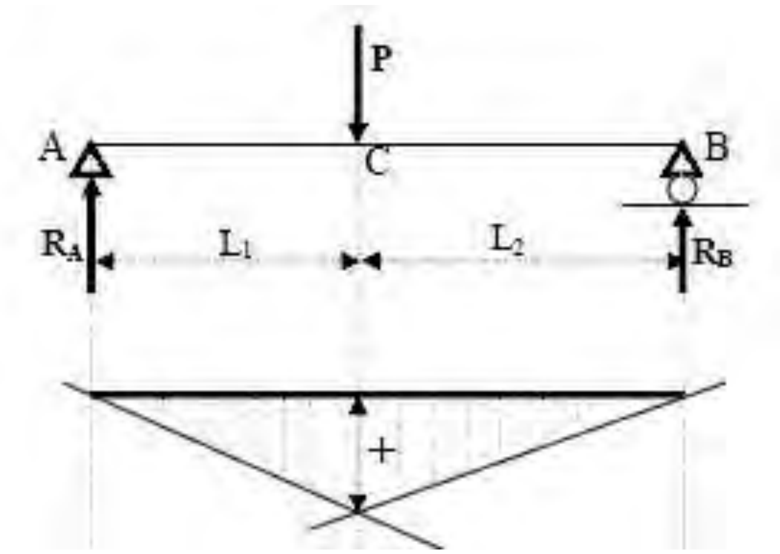
6.6 Momen (Bending Moment Diagram)

Momen adalah hasil kali antara gaya dengan jarak (jarak garis lurus terhadap garis kerjanya).



Akibat gaya luar P maka balok akan melentur, oleh gaya dalam momen lentur kondisi ini akan dilawan sehingga terdapat keseimbangan dalam.



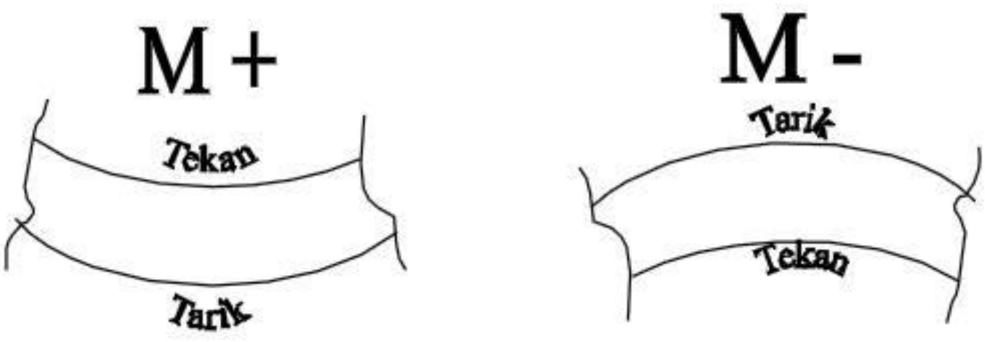


Gambar 96. Penggambaran *bending moment diagram* (BMD) dengan cara grafis.

Momen adalah hasil kali antara gaya dengan jaraknya. Jarak disini adalah jarak tegak lurus dengan garis kerja gayanya. Dalam Gambar 97 di atas berarti bahwa pada titik C terjadi momen sebesar:

Mc = RA. L1

Bidang momen diberi tanda positif jika bagian bawah atau bagian dalam yang mengalami tarikan. Bidang momen positif diarsir tegak lurus sumbu batang yang mengalami momen.



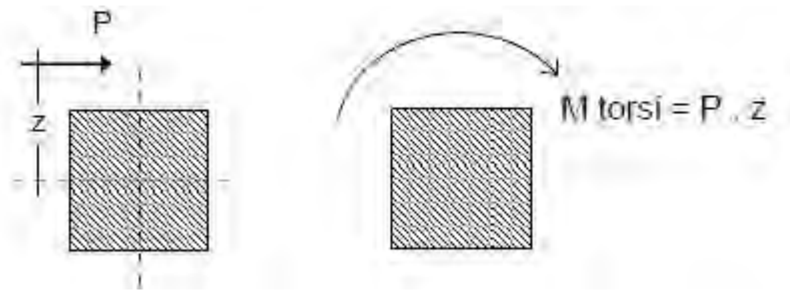
Sebaliknya, apabila yang mengalami tarikan pada bagian atas atau luar bidang momen, maka diberi dengan tanda negatif. Bidang momen negatif

diarsir sejajar dengan sumbu batang. Perlu diketahui bahwa momen yang berputar ke kanan belum tentu positif dan momen yang berputar ke kiri belum tentu negatif. Oleh karena itu, perjanjian tanda perlu diperhatikan dengan teliti.

Momen Torsi

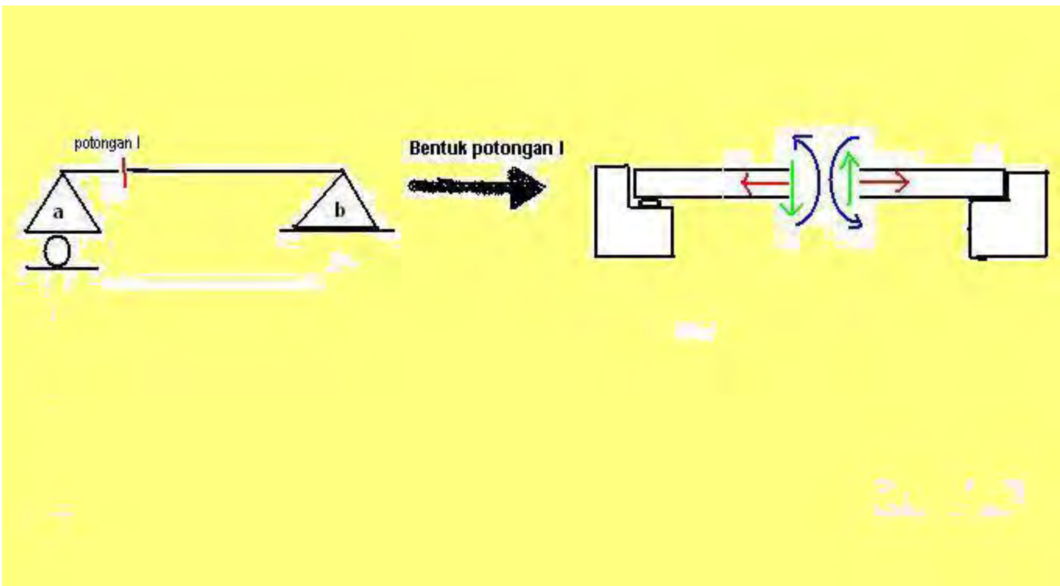
Tampang balok menahan momen torsi/ puntir sebesar,

M torsi = P . z



Gaya Dalam

Gaya dalam adalah gaya yang ada di dalam badan struktur yang berusaha menjaga keseimbangan beban-beban luar yang bekerja pada struktur.



Gaya dalam dapat juga diartikan sebagai gaya pada badan struktur yang timbul akibat adanya keseimbangan gaya aksi dan reaksi. Gaya dalam tidak mungkin timbul jika gaya aksi dan reaksi tidak seimbang.

Sebagai contoh jika kita membangun rumah diatas tanah yang keras, maka tanah mampu memberi reaksi balik akibat beban luar yang bekerja pada struktur. Akan terjadi keseimbangan gaya. Elemen struktur akan mengalami gaya dalam.

Sebaliknya jika bangunan berdiri di atas tanah sangat lunak, maka tanah tidak akan mampu menahan beban aksi pada struktur. Bangunan akan turun, pada saat turun maka seluruh elemen bangunan tidak mengalami gaya dalam.

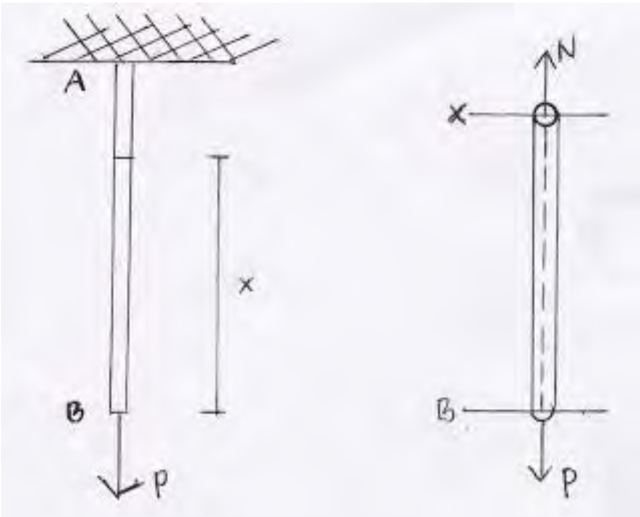
Gaya dalam adalah gaya rambat yang diimbangi oleh gaya yang berasal dari bahan konstruksi, berupa gaya lawan, dari konstruksi.

Analisis hitungan gaya dalam dan urutan hitungan ini dapat diuraikan secara singkat sebagai berikut:

1. Menetapkan dan menyederhanakan konstruksi menjadi suatu sistem yang memenuhi syarat yang diminta.
2. Menetapkan muatan yang bekerja pada konstruksi ini.
3. Menghitung keseimbangan luar.
4. Menghitung keseimbangan dalam.
5. Memeriksa kembali semua hitungan.

Dengan syarat demikian konstruksi yang dibahas akan digambarkan sebagai suatu garis sesuai dengan sumbu konstruksi, yang selanjutnya disebut: *Struktur*

Misalkan pada sebuah balok dijepit salah satu ujungnya dan dibebani oleh gaya P seperti pada gambar 98 maka dapat diketahui dalam konstruksi tersebut timbul gaya dalam.

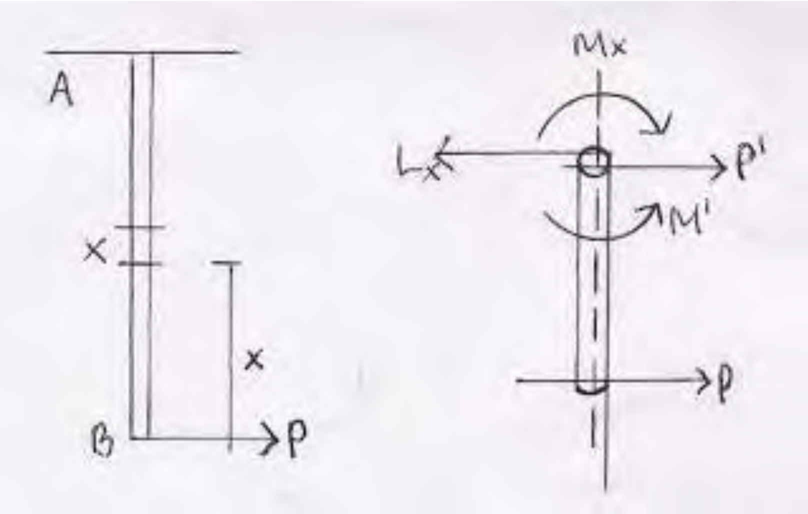


Gambar 97

Apabila konstruksi dalam keadaan seimbang, maka pada suatu titik X sejauh x dari B akan timbul gaya dalam yang mengimbangi P.

Gaya dalam yang mengimbangi gaya aksi ini tentunya bekerja sepanjang sumbu batang sama besar dan mengarah berlawanan dengan gaya aksi ini. Gaya dalam ini disebut *Gaya normal* (N).

Bila gaya aksi berbalik arah maka berbalik pula arah gaya normalnya. Nilai gaya normal di titik X ini dinyatakan sebagai Nx.



Gambar 98

Gambar 99 menggambarkan gaya P yang merambat sampai titik X dan menimbulkan gaya sebesar P‟ dan M‟. Apabila struktur dalam keadaan seimbang maka tiap-tiap bagian harus pula dalam keadaan seimbang. Selanjutnya gaya P‟dan M‟ harus pula diimbangi oeh suatu gaya dalam yang sama besar dan berlawanan arah, yaitu gaya dalam Lx dan Mx. Gaya tersebut merupakan sumbangan dari bagian XA yang mengimbangi P‟M‟.

Gaya dalam yang tegak lurus sumbu disebut Gaya lintang, disingkat LX dan momen yang menahan lentur pada bagian ini disebut Momen Lentur disingkat MX.

Dari uraian di atas, gaya-gaya dalam dibedakan menjadi tiga :

1. Gaya normal (N), yaitu gaya dalam yang bekerja searah sumbu balok.
2. Gaya lintang (L), yaitu gaya dalam yang bekerja tegak lurus sumbu balok.
3. Momen lentur (F), yaitu gaya dalam yang menahan lentur sumbu balok

Gaya dalam bekerja pada titik berat sepanjang garis struktur. Untuk menghitung gaya dalam ini diperlukan pengertian tanda.

Gaya Normal diberi tanda positif (+) apabila gaya itu cenderung menimbulkan gaya tarik pada batang dan diberi tanda negatif (-) apabila gaya itu cenderung menimbulkan sifat desak.

Gaya lintang diberi tanda positif (+) apabila gaya itu cenderung menimbulkan patah dan putaran jarum jam, dan diberikan tanda negatif (-) apabila gaya itu cenderung menimbulkan kebalikannya.

Momen lentur diberi tanda positif (+) apabila gaya itu menyebabkan sumbu batang cekung ke atas dan diberi tanda negatif (-) apabila gaya itu menyebabkan sumbu batang cekung ke bawah.

6.7 Hubungan antara Muatan, Gaya Lintang, dan Momen

Untuk membahas pertanyaan tersebut, harus mempelajari suatu struktur sederhana yang dibebani muatan penuh terbagi rata.

Gaya dalam di m dapat dihitung sebesar:

$$M_m = V_a.x - \frac{1}{2} qx^2 =$$

$$\frac{1}{2} qlx - \frac{1}{2} qx^2 \text{..................(1.1)}$$

$$L_m = \frac{1}{2} ql - qx \text{...........................(1.2)}$$

Gaya dalam di n dapat dihitung sebesar:

$$M_n = V_a (x + dx) - 1/2q (x + dx)^2 \text{............(1.4)}$$

$$L_n = \frac{1}{2} qL - q (x + dx) \text{............................(1.5)}$$

Persamaan (1.4) dan (1.5) tersebut dapat ditulis

Pula sebagai:

$M_n = M_m + dM =$

$M_m + L_m.dx – q.dx.1/2\ dx$.............(1.6)

$L_n = L_m + dL = L_m – q.dx$.......................(1.7)

Persamaan tersebut setelah diselesaikan didapat:

$dM/dx = L_x$..(1.8)

$dL/dx = - q$..(1.9)

Kiranya perlu ditambahkan bahwa perubahan nilai beban ditiap titik adalah tetap, yang berarti dq/dx = 0

Dengan demikian memang terbukti adanya hubungan antara muatan, gaya lintang dan momen. Hubungan itu tampak pula pada persamaan-persamaan di atas, yaitu: gaya lintang merupakan fungsi turunan dari momen , dan beban merupakan fungsi turunan dari gaya lintang, atau sebaliknya gaya lintang merupakan jumlah integrasi dari beban, dan momen merupakan jumlah integrasi dari gaya lintang.

Satuan Konversi untuk Pembebanan

1 mpa = 1000 kpa = 1 ksi

1 mpa = 1 n/mm2 = 10 kg/cm2 = 100t/m2

1 mpa =100t/m2 = 100.000kg/m2

1 kpa = 100kg/m2

1 mpa = 1000 kpa

1 kpa =1kn /m2 1kn =100kg/m2

fc beton (mutu beton) missal k 225 kg/cm2 dibagi 10 = 22,5 mpa

fy main (mutu baja pokok) = 400 mpa = 40.000t/m2

fy sec (mutu baja sengkang = 240 mpa = 24000t/m)

<u>Satuan Konversi untuk Gaya</u>

N = 0.001 kN

[KN] = 1 kN

MN = 1000 kN

lb (pon) = 0044482 kN

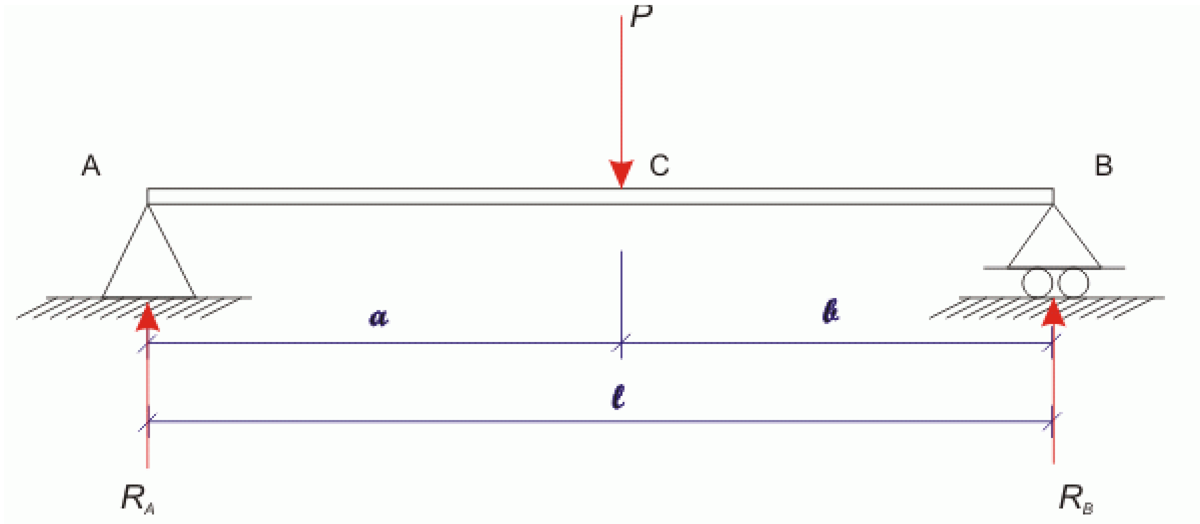
klb (kilopon) = 4.4482 kN

Name	Length	Time	Mass	Force
International System of Units (SI)	meter (m)	second (s)	kilogram (kg)	newton* (N) $\left(\frac{kg \cdot m}{s^2}\right)$
U.S. Customary (FPS)	foot (ft)	second (s)	slug* $\left(\frac{lb \cdot s^2}{ft}\right)$	pound (lb)

*Derived unit.

Contoh Soal

1. Gambarkan diagram gaya lintang dan momen lentur pada balok sederhana dengan beban terpusat (*concentrated load*). Nilai – nilai dan besarannya, tentukan sendiri



Gambar 99

Penyelesaian

- Pertama dengan persamaan kesetimbangan balok kita cari reaksi – reaksi tumpuan pada balok. Dengan menggunakan prinsip kesetimbangan momen di titik B kita cari Reaksi pada titik A

  RA.l – P.b = 0

  RA = P.b / l -- 1

  Dengan cara yang sama kita cari reaksi pada titik B, kemudian didapatkan

  RB = P.a / l -- 2

Keterangan → *l* = panjang total pada balok, b = jarak titik B ke titik C, a = jarak titik A ke titik C (dilihat lagi gambar 100)

Misal sebuah balok (gambar 100) dengan panjang total (*l*) = 5 meter, b = 3 meter, dan c = 2 meter. Diberi beban di titik C sebesar 10 Newon. Maka dengan memasukan nilai – nilai tersebut ke persamaan 1 dan 2 diperoleh besar reaksi pada masing - masing tumpuan.

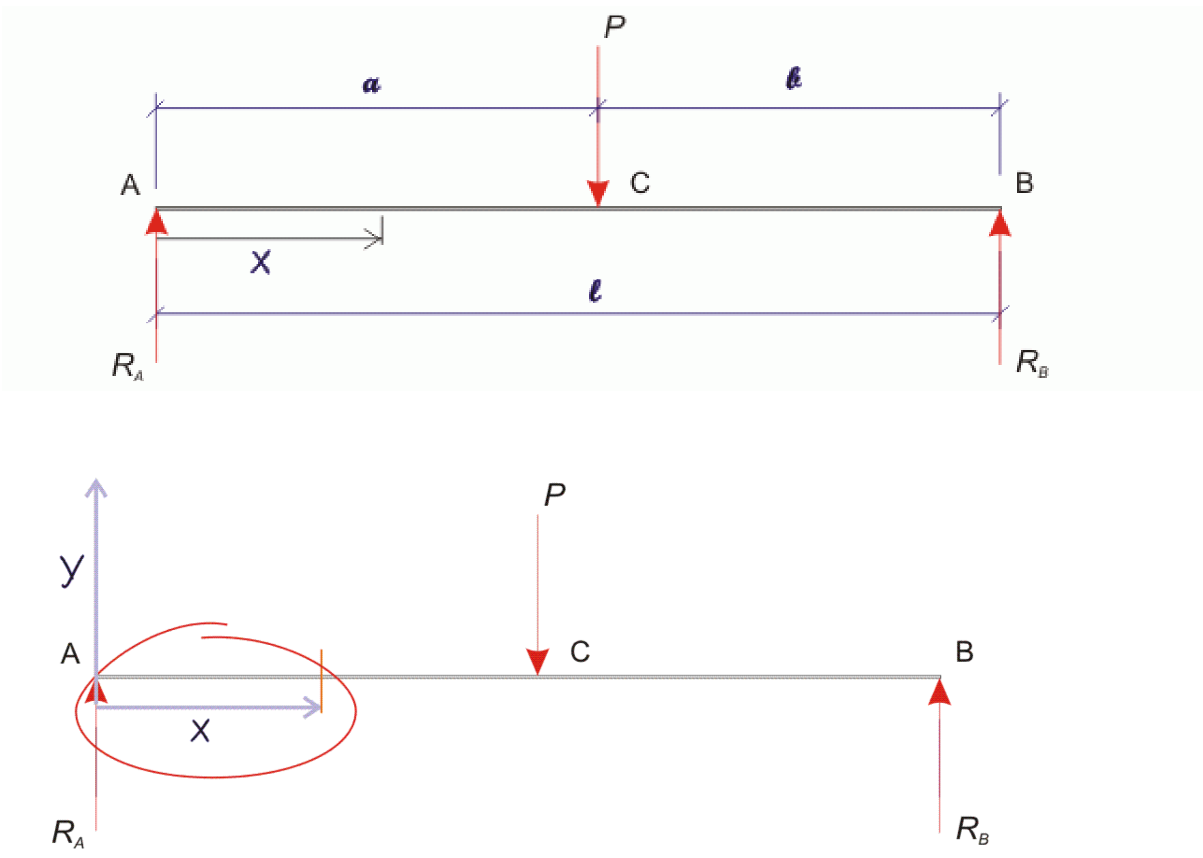
R_A = 10 x 3 / 5

= 6 Newton

R_B = 10 x 2 / 5

= 4 Newton

- Buat potongan dengan jarak *x* meter dari penyangga kiri balok ini (lihat gambar 101 yang diberi lingkar merah) kita anggap ini sebagai sebuah sistem koordinat 2 sumbu, sumbu x dan sumbu y. sumbu x mewakili panjang balok, sumbu y mewakili gaya lintang dan momen lentur yang akan kita cari besarnya, dengan titik pusat 0 berada di titik A.



Gambar 100

- Tentukan gaya lintang (V) dan momen lenturnya (M) dari x=0 (x pada titik A) sampai x= 2 (x pada titik C) atau kita dapat menyebutnya V dan M pada $0 < x < 2$

V=RA=P.b/l M=RA.x=(P.b/l).x

Dari persamaan tersebut dapat diketahui bahwa gaya lintang (*V=RA*) tetap konstan mulai dari penyangga A hingga titik dimana bekerjanya beban P (titik C atau X = 2), sedangkan momen lentur (*M=RA.x* → bentuk persamaan ordo 1) berubah secara linear terhadap x (lihat hasil plot persamaan gambar 1.1c)

- Tentukan V dan M pada 2 < x < 5, atau gaya lintang dan momen lenturnya dari x = 2 (x di titik C) sampai x = 5 (x di titik B)

V=RA – P M=RA.x – P(x-a)

Dengan menggunakan kesetimbangan vertikal didapat P = $R_A + R_B$, maka persamaan di atas diserdehanakan menjadi

V=P.b/l – P

V=P.b/l – (RA + RB)

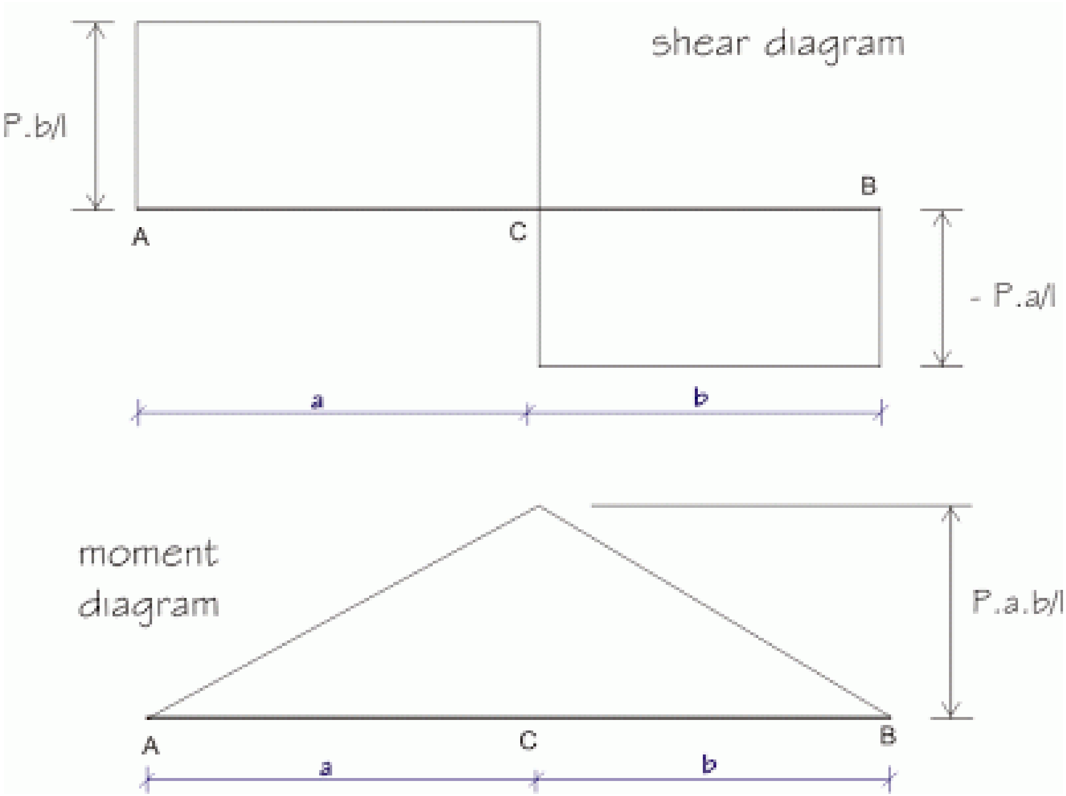
V= P.b/l – (P.b / l + P.a / l)

V= - P.a / l

Dengan menggunakan cara yang sama, maka persamaan momen lenturnya

M=P.a(l-x)/l

- Plot diagram gaya lintang dan momen lentur dari x=0 sampai x=5 dengan menggunakan persamaan – persamaan yang sudah kita buat.
- Perhatikan gambar 102, pada gambar sumbu x mewakili panjang balok, sedangkan sumbu y mewakili besar gaya lintang (pada *shear diagram*) atau momen lentur (pada *moment diagram*). dari gambar dapat diketahui besar gaya lintang terbesar ada pada daerah 0 < x < 2 dan gaya lintang terkecil ada pada 2 < x < 5, momen lentur terbesar ada pada saat x = 2 (atau x pada titik C)



Gambar 101

DAFTAR PUSTAKA

http://bloginfotekniksipil.blogspot.com/2013/05/besaran-dan-sistim-satuan.html

http://www.pbs.org/wgbh/buildingbig/lab/loads.html

http://ansuf.blogspot.com/2012/11/diagram-momen-tegangan-terpusat-pada.html#.Um9eU3Dwlic

http://gudangroster.blogspot.com/2012_04_01_archive.html

http://www.exploratorium.edu/structures/

http://kuliahmekanikateknik.blogspot.com/2011/08/gaya-luar-dan-gaya-dalam.html

http://civil-network.blogspot.com/2013/04/contoh-soal-beban-merata.html

http://myjihadsoul.wordpress.com/2012/03/01/analisis-gaya-pada-rangka-batangtruss/#comments

http://design-milk.com/stokke-zero-gravity-chair/

http://andrieasgunawan.blogspot.com/2013/01/ebook-teknik-id-201-350_4.html

http://www.mafiosodeciviliano.com/old/struktur/485-kekakuan-struktur-teknik-sipil

http://belajar-teknik-sipil.blogspot.com/2010/03/pengertian-mekanika-rekayasa

Modul Perhitungan Kekuatan Konstruksi Bangunan Sederhana (PKKBS), SMK Negeri 2 Sragen, 2011

Fajar Ginanjar. 2008. Laporan fisika contoh penerapan konsep titik berat dalam kehidupan sehari-hari

Mulyati. Bahan Ajar Statika.

Mohammad Yasin, S.Pd . *Presentasi bahan ajar: Ilmu Statika Dan Tegangan Balok Sederhana).* SMK N 2 Samarinda